

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie



**HODNOCENÍ PŘESNOSTI DATABÁZE ZASTAVĚNÝCH  
ÚZEMÍ V ČESKU**

**EVALUATION OF THE ACCURACY OF BUILT-UP  
AREAS DATABASE IN THE CZECH REPUBLIC**

Bakalářská práce

Radka Pohlová

červenec 2013

Vedoucí práce: RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem všechny použité prameny řádně citovala. Jsem si vědoma toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity. Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Praze dne 27. června 2012

.....  
Radka Pohlová

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat RNDr. Přemyslu Štychovi, Ph.D. za starostlivé vedení mé bakalářské práce, za věnovaný čas, cenné rady a odborné připomínky. Mé díky patří také RNDr. Pavlovi Hurbánkovi, Ph.D. a Mgr. Konstantinovi Rosinovi za ochotu pomoci a podnětné konzultace. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu a trpělivost během celého studia.

## **Hodnocení přesnosti databáze zastavěných území v Česku**

### **Abstrakt**

Cílem práce je seznámení s Evropskou mapou zastavěných ploch s vysokým rozlišením, která obsahuje i údaj o nepropustnosti (Soil Sealing Layer). Hlavním cílem této bakalářské práce je zhodnocení tematické přesnosti databáze Soil Sealing v Česku s využitím statistických metod a rozhodnutí o jejím přijetí či odmítnutí. Dále zhodnocuje její vhodnost na další použití. Na úvod práce je řešerše vztahující se k problematice zastavěných území a statistických metod hodnocení přesnosti databáze. Jsou objasněny základní principy tvorby databáze SSL a její validace. Validace proběhne porovnáním validované databáze s vizuálně interpretovanými ortofoty. Hodnocení této databáze bude provedeno pomocí nestratifikovaného náhodného výběru vzorků. Statistické metody budou nejdříve uplatněné na celé databázi a následně jsou pomocí nich porovnány území v Česku, které jsou rozdělené podle roku snímání ortofot, z nichž byla vytvořena referenční databáze. Kromě samotné validace budou kvantitativní metody porovnány a zhodnoceny jejich výhody a nevýhody.

**Klíčová slova:** nepropustnost, zastavěné plochy, tematická přesnost, statistické metody

## **Evaluation of the accuracy of built-up areas database in the Czech Republic**

### **Abstract**

The aim of this work is to give information about the European built-up area map with the high resolution which also contains the data concerning the soil sealing (Soil Sealing Layer). The main aim of this bachelor thesis is to evaluate thematic accuracy of the Soil Sealing database in the Czech Republic with the usage of the statistical methods and decision of its acceptance or rejection. This work also assesses its suitability and the next usage. At the beginning of the thesis there is a research relating to the issue of the built-up areas and statistical methods evaluating the database accuracy. There are explained the basic principles concerning the creation of SSL database and its validation which is made by the comparison of the validated database and the visually interpreted ortophotos. The evaluation of the database will be carried out by the unstratified random sample. Primarily, the statistical methods will be applied on the whole database and afterward they will compare the Czech areas divided according to the year of scanning of ortophotos from which the reference database was created. Besides the validation itself there will be a comparison of the quantitative methods followed by the evaluation of their advantages and disadvantages.

**Key words:** bulit-up area, soil sealing, thematic accuracy, statistical method

## OBSAH

<b>Přehled použitých značek .....</b>	<b>6</b>
<b>Seznam grafů, obrázků a tabulek .....</b>	<b>7</b>
<b>1 Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Úvod do problematiky .....</b>	<b>11</b>
2. 1 Obecná charakteristika Soil sealing .....	11
2. 2 Technologie mapování zastavěnosti .....	17
2. 3 Statistické metody hodnocení databáze .....	19
<b>3 Data a metodika .....</b>	<b>23</b>
3. 1 Použitá data .....	23
3. 2 Metodika .....	26
3. 2. 1 Tvorba referenční databáze .....	27
3. 2. 2 Hodnocení databáze .....	30
<b>4 Výsledky .....</b>	<b>32</b>
4. 1 Statistické hodnocení databáze .....	32
4. 1. 1 Hodnocení databáze pomocí histogramů .....	32
4. 1. 2 Korelační analýza .....	34
4. 1. 3 Výpočet absolutních průměrných normalizovaných chyb .....	36
4. 1. 4 Výsledná chybová matice .....	36
4. 2 Porovnání modelových území .....	39
<b>5 Diskuze .....</b>	<b>42</b>
5. 1 Možné zdroje chyb .....	42
5. 2 Výběr statistické metody .....	44
5. 3 Cíle do budoucna .....	46
<b>6 Závěr .....</b>	<b>46</b>
<b>Seznam literatury a zdrojů .....</b>	<b>48</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>52</b>

## PŘEHLED POUŽITÝCH ZNAČEK

<b>CLC</b>	<b>Corine Land Cover</b> = Mapa krajinného pokryvu
<b>DPZ</b>	<b>dá</b> lkový <b>pr</b> ůzkum <b>Země</b>
<b>EEA</b>	<b>E</b> uropean <b>E</b> nvironment <b>A</b> gency = Evropská agentura životního prostředí
<b>ESA</b>	<b>E</b> uropean <b>S</b> pace <b>A</b> gency = Evropská vesmírná agentura
<b>EU</b>	<b>E</b> vropská <b>u</b> nie
<b>GIO</b>	<b>G</b> MES <b>I</b> ntial <b>O</b> peration = projekt služby monitorování Země
<b>GMES</b>	<b>G</b> lobal <b>M</b> onitoring for <b>E</b> nvironment and <b>S</b> ecurity = Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti
<b>MAEn</b>	<b>m</b> ean <b>a</b> bsolute <b>e</b> rror <b>n</b> ormalized = průměrná absolutní normalizovaná chyba
<b>MOEn</b>	<b>m</b> ean <b>a</b> bsolute <b>o</b> verestimation <b>e</b> rror <b>n</b> ormalized = průměrná absolutní normalizovaná chyba nadhodnocení
<b>MUEn</b>	<b>m</b> ean <b>a</b> bsolute <b>u</b> nderestimation <b>e</b> rror <b>n</b> ormalized = průměrná absolutní normalizovaná chyba podhodnocení
<b>SSL</b>	<b>S</b> oil <b>S</b> ealing <b>L</b> ayer = Evropská mapa stupně nepropustnosti

## SEZNAM GRAFŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### Grafy

Graf 1	Četnost původních a referenčních hodnot v náhodném vzorku .....	33
Graf 2	Četnost pixelů SSL2009 a průměrné chyby podhodnocení/nadhodnocení v porovnání se SSRb .....	34
Graf 3	Vztah SSL a SSRa .....	35
Graf 4	Vztah SSL a SSRb .....	35

### Obrázky

Obr. 1	Pokrytí půdy nepropustnými materiály .....	11
Obr. 2	Přehled nejběžnějších povrchů .....	14
Obr. 3	Tvorba původní databáze SSL s rozlišením 100 m .....	24
Obr. 4	Evropská mapa zastavěných ploch v roce 2009 s rozlišením 100 m na území Česka .....	26
Obr. 5	Rozdělení území České republiky podle roku snímání v červenci 2013 .....	27
Obr. 6	Postup tvorby referenční databáze .....	28
Obr. 7	Interpretace leteckých snímků v prostředí ArcMap 10 .....	28
Obr. 8	Příklady interpretovaných snímků jako propustný povrch .....	29
Obr. 9	Příklady interpretovaných snímků s body s propustným povrchem .....	29
Obr. 10	Příklad interpretovaných snímků s body s hodnotou 2 .....	29
Obr. 11	Teoretický model .....	33
Obr. 12	Binární mapa zastavěných a nezastavěných ploch v roce 2009 s rozlišením 100 m na území Česka .....	37
Obr. 13	Rozdělení území České republiky podle roku snímání do 15. 4. 2013 na území Česka .....	39

### Tabulky

Tab. 1	Všeobecná podoba chybové matice pro mapu krajinného pokryvu s q třídami ..	20
--------	--	----

Tab. 2	Výsledné korelační koeficienty .....	35
Tab. 3	MEAn pro typ A a B .....	37
Tab. 4	MOEn a MUEn pro typ A a B .....	37
Tab. 5	Chybová matice A .....	38
Tab. 6	Chybová matice B .....	39
Tab. 7	Korelační koeficienty pro modelová území SSL2009 v Česku .....	40
Tab. 8	Průměrné absolutní normalizované chyby (MEAn) pro modelová území v Česku .....	41
Tab. 9	MOEn a MUEn pro modelová území SSL2009 v Česku .....	41



## KAPITOLA 1

### Úvod

Důkladná znalost prostorové diferenciací rozmístění obyvatelstva je důležitá v mnoha oblastech lidské činnosti. Přesný odhad rozmístění obyvatelstva je důležitý při plánování využití krajiny, jako je lokalizace parkovišť či nemocnic, ale také při tvorbě krizových scénářů a zmírňování následků přírodních či antropogenních katastrof. Aby se mohli efektivně a bez katastrofálních následků řešit problémy pomocí GIS, je nutné mít kvalitní data. Data o rozmístění obyvatelstva jsou často reprezentována pomocí kartogramu, kde jsou počty obyvatel vyjádřené např. barvou administrativní jednotky. Tento způsob vizualizace není příliš vhodný pro analytické účely, jelikož dochází k domněnce, že hustota zalidnění je stejná v každém místě areálu, což ale není mnohdy pravda.

Dobře reprezentují přítomnost a aktivitu lidí zastavěné plochy. K získání těchto dat můžeme využít data z dálkového průzkumu Země (DPZ). O úspěšné mapování krajinného pokryvu se snaží projekt CORINE Land Cover (dále jen CLC), pokrývka je zde rozdělena do pěti tříd (umělé plochy, polnohospodářské plochy, lesy, močály a vodstvo) a podtříd, třídu umělé povrchy (třídy 1.1 a 1.2) lze ztotožnit se zastavěnými plochami. CLC má ale velkou nevýhodu, že její minimální mapovací jednotka je 25 ha. Na základě stejných vstupních dat se snaží Evropská environmentální agentura (EEA) v rámci iniciativy GMES (Globální monitoring pro životní prostředí a bezpečnost) ve spolupráci s Evropskou komisí a Evropskou vesmírnou agenturou o novou rastrovou vrstvu zastavěných ploch s vysokým rozlišením, která obsahuje i informaci o stupni nepropustnosti. Evropská mapa stupně nepropustnosti se celým názvem jmenuje Fast Track Service Precursor on Land Monitoring – Degree of soil sealing, často se zkráceně označuje Soil Sealing Layer (dále jen SSL). Tato mapa slibuje pozitivní vývoj do budoucnosti. Její přednosti jsou, že je aktualizována každé tři roky a že nemapuje funkční plochy, ale skutečně nepropustné povrchy. Její velká výhoda je rozlišení 20 × 20 m poloproduktu a 100 × 100 m finálního produktu. V dnešní době je rozpoznávání zastavěných povrchů ve vyhovující přesnosti velkou výzvou a nedořešeným úkolem.

Hlavním cílem této bakalářské práce je zhodnocení tematické přesnosti databáze Soil Sealing v Česku k roku 2009 s využitím statistických metod. Tato práce nabízí seznámení s tímto produktem a vede k jeho přijetí či odmítnutí. Dále zhodnocuje jeho vhodnost na další použití, případně charakterizuje jeho nedostatky. Na úvod práce je řešerše vztahující se k problematice zastavěných území a statistických metod hodnocení přesnosti databáze. Jsou objasněny základní principy tvorby databáze SSL a její validace.

Validace proběhne porovnáním validované databáze s vizuálně interpretovanými ortofoty. Hodnocení této databáze bude provedeno pomocí nestratifikovaného náhodného výběru vzorků. Statistické metody budou nejdříve uplatněné na celé databázi a následně jsou pomocí nich porovnány území v Česku, které jsou rozdělené podle roku snímání ortofot, z nichž byla vytvořena referenční databáze. Kromě samotné validace budou kvantitativní metody porovnány a zhodnoceny jejich výhody a nevýhody.

## KAPITOLA 2

### Úvod do problematiky

#### 2. 1 Obecná charakteristika Soil sealing

Půda se využívá pro různé účely, někdo ji aktivně obhospodařuje, jiný po ní jen chodí, ale každý ji potřebuje. Půda je zásadní zdroj, který nelze ignorovat, poskytuje nám základní služby pro život na Zemi, jako například výrobu potravin a čištění vod, ochranu před povodněmi, reguluje mikroklima, vytváří stanoviště pro rostliny a oblasti pro rekreaci (EEA 2011). European Commission (2012b) k tomu dodává, že půda má důležité filtrační schopnost a složí jako úložiště uhlíku.

**Soil sealing** je pokrytí půdy nepropustnými materiály (Obr. 1), jako je beton nebo kámen, v důsledku výstavby budov, silnic, parkovišť a dalších (EEA 2011). Termín je také používán při popisování změn druhu půdy vedoucí k nepropustnosti a to například zhutňování následkem používání zemědělských strojů (European Commission 2012d). Zároveň to bylo označeno za jeden z hlavních důvodů degradace půdy. EEA (2011) uvádí, že v závislosti na stupni zakrytí půdy se snižují nebo jsou úplně potlačeny přirozené funkce půdy a ekosystému. Zastavěnost má za následek roztržštění krajiny a to vede k izolovanosti určitých druhů (European Commission 2012d).



**Obr. 1** Pokrytí půdy nepropustnými materiály (zdroj: EEA 2011)

Každým dnem jsme svědky výrazných, viditelných a konfliktních změn ve využívání půdy, které změny ráz krajiny a ovlivňují ve velké míře životní prostředí ve městech a jejich okolí (EEA 2006). Městská sídla byla v historii stavěna vedle nejúrodnější oblasti, proto důsledky nejvíce zastavování ploch dopadá právě na úrodné plochy s dopadem na evropskou bezpečnost potravin (European Commission 2012a). Zastavěné oblasti se

rozšiřují tedy na úkor zemědělských oblastí a současné studie ukazují, že zakrytí půdy je téměř nezvratné (European Commission 2012e). Stále se nezachází s půdou jako s neobnovitelným zdrojem, přičemž tvorba jednoho centimetru trvá i staletí (European Commission 2012a). Potencionální výroba potravin je navždy ztracena (European Commission 2012d), protože většina ornice, která obsahuje asi polovinu uhlíku v půdě, je svléknuta při stavebních činnostech a biologické procesy pro výroby uhlíku jsou ztraceny, zároveň se vytvářejí pevné základy v půdním podloží nesoucí stavbu a tím se zamezí například kontaktu půdy s atmosférou a vsakování dešťové vody (European Commission 2012a). Podle European Commission (2012a) zemědělská půda zajišťuje funkce pro město, jako jsou recyklace komunálního odpadu (čistírna odpadních vod) a produktů (kompost).

Největší dopady soil sealing jsou pozorovatelné ve městech a metropolitních oblastech (European Commission 2012e). Města jsou místa, kde se na malé ploše soustřeďuje velký počet lidí, což má i své výhody, jako například využívání půdy a spotřeba energie bývá v těchto oblastech ve srovnání s rozptýlenou populací nižší, při zpracování městského odpadu a odpadních vod se uplatňují úspory ze zvýšeného rozsahu (EEA 2006). Oulehla (2012) uvádí, že zastavěné plochy jsou hlavními indikátory urbánních ekosystémů. Města jsou tedy také ekosystémy, jsou to otevřené dynamické systémy, které spotřebovávají, transformují a uvolňují materiály a energii, vyvíjejí se interakcí s lidmi a dalšími ekosystémy (EEA 2010c). Rozrůstání měst si ale vyžaduje více energetických zdrojů, spotřebovává větší plochu půdy, zvyšují se emise skleníkových plynů a to přináší změnu klimatu, nárůst znečištění hlukem a znečištění ovzduší (EEA 2006). Klimatická změna s sebou přináší nárůst intenzity a četnosti výskytu povodní a častější výskyt extrémních teplot, ale schopnost jednotlivých měst odolávat klimatickým změnám se však liší (EEA 2012b). Konkrétně podle Beranové a Hutha (2003) nadměrné zahřívání povrchu způsobí to, že dešťová voda odteče po nepropustných površích a méně se jí vypaří či vsákne v místě spadu, rychlý odtok způsobí pak například větší rozkolísanost průtoku řek. European Commission (2012c) k tomu dodávají, že nepropustné povrchy se v Lipsku zvýšily o 19 % v letech 1945 – 2003 a zároveň vědci zjistili, že zvyšování nepropustných ploch v letech 1870 – 2003 změnil vodní bilanci tak, že podle nich došlo ke zvýšení přímého odtoku o 282 %, evapotranspirace klesla v průměru o 25 % a doplňování zásob podzemních vod se snížilo o 4 % ve stejném čase.

Zastavěná půda má vliv na nedostatečné odpařování v létě, což má za následek větší množství vln veder (European Commission 2012d). Beranová a Huth (2003) tvrdí, že nepropustný materiál zvyšuje význam změn teploty vůči energetické bilanci mezi povrchem a atmosférou.

Tedy jeden z hlavních problémů, kterým čelíme, je proces urbanizace. Evropa je jeden z nejvíce urbanizovaných kontinentů (European Commission 2012a). EEA (2006b) uvádí, že v Evropě bylo v letech 1990 – 2000 zastavěno více než 800 000 hektarů půdy a v roce 2006 už byla urbanizována více než čtvrtina území Evropské unie (EU). V roce 2010

žilo v evropských městech okolo 75 % obyvatel a v roce 2020 to bude nejspíše 80 %, změna životního stylu znamená větší poptávku po obytných plochách (EEA 2010c).

Proces urbanizace mění přirozené vlastnosti zemského povrchu a atmosféry, materiály použité na stavbu budov ve městech udržují teplo a nepropouštějí vodu (Beranová a Huth 2003). Urban (2009) se zmiňuje, že přeměna zemského povrchu z přírodního na pevný zapříčiňuje městský tepelný ostrov, což je klimatický jev charakteristický nepřirozeným zahříváním zemského povrchu a atmosféry ve městech se srovnáním s okolím. Podle Beranové a Hutha (2003) je městský tepelný ostrov nejvíce rozvinutý v nočních hodinách, během dne se tento jev téměř nevyskytuje. Samozřejmě podle nich záleží na dalších podmínkách, když je atmosféra bezoblačná a vane slabý vítr nebo je bezvětrí, je intenzita větší, důležitou roli hraje také umístění a vnitřní uspořádání města. Intenzita tepelného ostrova je dána rozdílem teplot vzduchu nad centrem města a nad přirozeným povrchem (Urban 2009). Beranová a Huth (2003) například regresní analýzou zjistili, že růst průměrné roční intenzity tepelného ostrova v Praze je 1,2 °C/100 let. Jako důsledky tepelného ostrova ve městě uvádí Urban (2009) tání sněhu, méně mrazových dní v zimě a více tropických dní v létě, vyšší denní teplota v mezní vrstvě může zvýšit tvorbu městského smogu, protože rostou emise znečišťujících látek a atmosférické fotochemické reakce. Dále uvádí, že má také vliv na lidské zdraví, jelikož zvyšuje období pěti a více dnů s teplotou alespoň 5 °C nad dlouholetým průměrem, při kterých je riziko přehřátí. Oulehla (2012) uvádí, že pro výzkum teploty povrchu byla optimalizována data z Landsat TM Thermal Infrared (TIR) senzoru a že z těchto snímků lze identifikovat městský tepelný ostrov. A dodává, že k identifikaci tepelného ostrova lze využít dat s vysokým prostorovým rozlišením (např. data ze skeneru ATLAS, TIMS – Thermal Infrared Multispectral Scanner), které dosahující velmi uspokojivých výsledků v mapách velkého měřítka a umožňují podle něj vizualizaci detailů tepelného ostrova v denních i nočních hodinách.

European Commission (2012c) uvádí, že změna krajinného pokryvu vede ke změně povrchové teploty změnou vlhkosti a optických vlastností půdy. Zvláště výrazné jsou právě, když se mění přírodní krajiny na nepropustné materiály. Jako příklad uvádějí, že při přeměně zemědělské půdy na zastavěnou vzrostla povrchová teplota asi o 1,9 K a při změně neúrodné půdy na zastavěnou se zvýšila teplota přibližně o 1,7 K.

Kvůli všem zmíněným negativním dopadům budou města potřebovat podle EEA (2011) chytrou urbanistickou podobu a to zejména se musí maximalizovat zeleň a musí se snížit zastavěná plocha, kde není potřeba, jako jsou brownfieldy, parkoviště, veřejné prostranství. European Commission (2012a) k tomu dodává, že maximalizovat zeleň se musí zejména proto, že stromy ovlivňují rychlost větru a zachycují polétavý prach a znečišťující látky, vegetace napomáhá regulovat mikroklima a zajišťuje estetické funkce. A podle nich by mělo být zabráněno výstavbě obchodních center na zelené louce a mělo by se inspirovat v Německu, kde budoucí komerční a obytné prostory jsou vybudované v závislosti na budoucí recyklaci.

European Commission (2012a) tvrdí, že někdy lze ztrátu funkcí půdy zmírnit použitím vhodných materiálů a stavebních postupů. Ale podle nich u propustných povrchů panuje mnoho předsudků, jako že jsou drahé nebo problémové. A zdůrazňují, že zakrytá půdy může mít i pozitivní dopad a to například, že to umožňuje řízený odtok znečištěné vody, tím se zamezí kontaminaci podzemní vody. Trávník podporuje dobré mikroklima, ale při nedostatku srážek je drahý na údržbu.

European Commission (2012a) uvádí některá řešení, jako např. výběr prodyšných materiálů, které umožňují odpařování, a budování zelených infrastruktur, které mohou oddálit tvorbu námraz. Vegetace podle nich má za následek menší absorpci tepla a tudíž se potřebuje méně energie k ochlazení, porézní materiály umožňují prosakovat, proto zpomalují odtok a zabraňují záplavám. Oulehla (2012) k tomu dodává, že přítomnost vegetace a vlhkosti v různých druzích povrchů způsobují rozdíl suchých holých míst až 20 °C v teplotě vzduchu. Podle European Commission (2012c) zelené infrastruktury na budovách a jejich okolí mohou omezit vytápění a snížit náklady na chlazení. Například zelené střechy napomáhají snížit náklady na energie o 10 až 15 %, koruny stromů mohou přinést 5 až 10% úspor energie díky stínění a blokování větru. Zelená infrastruktura také může podle nich zabránit vysokému odtoku vody a odlehčit kanalizačním systémům a zvýšit rekreační prostor, ale musí se zajistit, aby dešťové vody z velkých ploch byly přeměrovány na kanalizaci, protože hrozí potenciální problém kontaminace podzemních vod.



**Obr. 2 Přehled nejběžnějších povrchů** (zdroj: European Commission 2012a)

European Commission (2012a) zdůrazňují, že trávník zpevněný štěrkem (Obr. 2) je v současnosti asi nejvhodnější povrch pro parkoviště, dokáže absorbovat 100 % vody a má nízké náklady na údržbu. Uvádí, že při výrobě porézního asfaltu bylo kamenivo proseto a jemné částice odstraněny, tudíž tu vzniklo 15 – 20 % mezer. Ideální je podle nich právě použití trávy a štěrku na parkovacích místech, která se intenzivně nevyužívají, jako například jsou parkoviště u sportovních areálů či golfových hřišť. Připouští, že propustné materiály mají nižší životní náklady, ale i tak vyžadují odstranění minimálně 30 cm horní vrstvy půdy. Navrhují, že ornice odstraněné při výstavbě budov a silnic mohou být použity jinde, využít je mohou amatérští zahradníci či golfová hřiště, ale jsou zde environmentální obtíže

spojené s přepravou. European Commission (2012a) přichází s řešením, že kombinace betonových dlaždic a odvodňovacích příkopů může být dlouhodobější řešení tam, kde je hustá doprava. European Commission (2012c) jako další řešení uvádí minimalizování šířky silnic, odstranění všech obrubníků a žlabů a odvedení odtoku přímo do stráně.

Podle European Commission (2012c) jsou aktuálně hlavní překážky v zavádění propustných povrchů omezené stavební předpisy, kde tradiční dlažba a odvod dešťové vody do kanalizace jsou stanoveny stavebním povolením, nedostatečný know-how dává přednost tradičním asfaltovým technikám. Uvádí, že propustné materiály produkují více hluku a jejich pověst, že jsou drahé a problematické, vyžadují větší péči a používání herbicidů, propustné povrchy jsou obecně drsnější a mohou mít vliv na dostupnost lokality například pro vozíčkáře. Dále se musí přijmout zvláštní opatření, aby se zabránilo kontaminace podzemních zdrojů, zejména tam, kde jsou důležité podzemní prameny.

European Commission (2012c) zmiňuje, že metody a materiály jsou vhodné pro různé okolnosti. Odborný přístup by měl určit, které potenciální problémy se mohou vyskytnout, vybrat moudře nejvíce vhodné materiály a stavební metody. Příklady zmírňujících opatření jsou četné, zahrnují použití vysoce prodyšných materiálů a povrchů až zelené infrastruktury. Není zde jedinečná propustná plocha, která slouží pro všechny účely

Podle European Commission (2012a) k obnovení a zlepšení funkcí půdy jsou určeny kompenzační opatření a to například schopnost zadržovat vodu je možné nahradit zvýšením retenční schopnosti v celkovém povodí nebo ztrátu zemědělských pozemků můžeme nahradit rekultivací degradované půdy pro zemědělství. Pomoci při omezování nepropustnosti půdy podle nich může vytváření pobídek k pronájmu v neobydlených domech, plné obnovení dříve zakrytého pozemku je technicky náročné, proto se zvažuje opakované využití pozemku pro centrální zástavbu.

European Commission (2012e) uvádí, že rozšiřování Evropské unie a integrace zemí vede ke zvýšenému pohybu lidí a zboží a tedy k větší výstavbě infrastruktury, aby se dosáhlo lepšího spojení mezi periferními a centrálními regiony. A dodává, že bylo v EU v letech 1990 – 2005 postaveno asi 10 000 km dálnic, v letech 2007 – 2013 bylo financováno 20 miliardami ročně 12 000 km silnic, které spojují městské uzly v nových členských státech.

Podle EEA (2006A) rozrůstání měst by mělo právem být označeno za jeden z hlavních společenských problémů současnosti, rozrůstání měst pozorujeme podél kolem menších měst a na venkově podél dopravních koridorů a u aglomerací, které využívají finanční prostředky, které podle nich jim poskytuje regionální politika EU, a pozorujeme nový styl žití v předměstských oblastech. Podle MMR (2010) se i v Čechách začíná čím dál více prosazovat trend suburbanizace. Jednou z hlavních hrozeb pro udržitelný rozvoj je rozrůstání měst a nízká hustota obyvatel sídel (European Commission 2012a). Pro srovnání v roce 2006 byl růst zastavěné plochy za předchozích 20 let v řadě západoevropských i východoevropských měst o 20 %, přičemž počet obyvatel se zvýšil pouze o 6 % (EEA 2006). Klíčovými činiteli, kteří ovlivňují společnost v Evropské unii a

kteří nesou zodpovědnost za rozrůstání měst v Evropě, jsou Strukturální fondy a Kohezní fond EU (EEA 2006).

Podle MMR (2010) sídelní strukturu České republiky lze charakterizovat velkou rozdrobeností sídel, kterou k 1. 1. 2010 tvořilo 6 250 obcí s převahou malých obcí do 500 obyvatel, míra urbanizace českého osídlení dosahovala 70,3 %, hustota zalidnění je v České republice dlouhodobě stabilní a to 130 obyv./km<sup>2</sup>. Uvádí kraje Vysočina, Pardubický, Jihočeský a Středočeský, jako ty, které vykazují největší podíl venkovských obcí. Nejmenší podíl venkovských obcí je pak podle nich v krajích Moravskoslezském, Karlovarském, Ústeckém a Libereckém. Specifikem sídelní struktury České republiky je podle nich relativně nízký počet velkoměst, významné zastoupení malých a středních měst a uzavřenost pohraničními pohořími.

Globálně propojená ekonomika, přeshraniční dopravní sítě, společenské, ekonomické a demografické změny a rozdíly mezi jednotlivými státy ve vnitrostátní legislativě v oblasti územního plánování patří mezi hlavní faktory vyvolávající změny městského prostředí (EEA 2006). Urbánní politika podle MMR (2010) představuje koncepční a cílevědomou činnost veřejné autority (např. orgánů Evropské unie) zaměřenou na rozvoj měst, vytváření a realizaci se společně koordinovaně podílejí jednotlivé dílčí politiky. Regionální politika a územní plánování představují pro koordinaci územní rámec.

Přestože je půda zásadním přírodním zdrojem, předpisy EU se nezaměřují na všechna její nebezpečí a půda není dostatečně chráněná (EEA 2010b). Podle European Commission (2012a) je jedna z hlavních překážek nedostatečná informovanost obyvatelstva o negativních dopadech záboru půdy a její důležité funkci v ekosystému, na toto se zaměřují Evropský svaz ochrany půdy (ELSA) a Evropská síť pro zvyšování povědomí o půdě (ENSA). Důležité je zjistit, zda stávající využívání půdy je udržitelné, a najít způsob, jak přizpůsobit naši poptávku po přírodních zdrojích regeneračním cyklům půdy (EEA 2010b).

Je potřebné vypracovat politiku EU zaměřenou na koordinaci a kontrolu územního plánování (EEA 2006). Důležitý je integrovaný přístup jak veřejné správy (oddělení životního prostředí či územního plánování), tak i správních subjektů (European Commission, 2012a). Podle MMR (2010) mezi důležité evropské dokumenty patří Stav a perspektivy územního rozvoje Evropy, Územní agenda EU, Lipská charta o udržitelných evropských městech a Obnovená strategie EU pro udržitelný rozvoj. Za důležité materiály také označují iniciativy URBAN I a II, které jsou nyní implementovány do programů politiky soudržnosti. Na národní úrovni pak uvádí pro Českou republiku Strategický rámec udržitelného rozvoje ČR, Národní strategický referenční rámec.

MMR (2010) uvádí, že v roce 2008 byla zveřejněna Politika územního rozvoje 2008, priority tohoto dokumentu odkazují k podpoře polycentrického vývoje, větší asanaci starých průmyslových areálů a chránění zelené zóny od záboru půdy a zamezení fragmentace krajiny a ochraně městských parků. Zároveň upozorňují, že urbánní politika



České republiky je v souladu s evropskými trendy, přechod České republiky na tržní ekonomiku se odráží v reformě kompetencí územního plánování, kdy v roce 2006 kompetence územního plánování byly přeneseny z úrovně státu na regionální úroveň. Podle MMR (2010) je v České republice významný nástroj urbánní politiky územní plánování, které na národní úrovni vytváří rámcové podmínky pro její formování a realizaci Politikou územního rozvoje ČR, které implementuje Územní agendu EU a Lipskou chartu na úseku územního plánování. Tato politika je závazná pro pořizování územně plánovací dokumentace a rozhodování.

Progresivní nárůst zastavěných oblastí bude probíhat hlavně v Západní Evropě, kde tyto oblasti rostou rychleji než obyvatelstvo (European Commission 2012e). Podle European Commission (2012a) existují limity pro zábor půd například v sousedním Německu a Rakousku, ale jsou pouze orientační, které slouží k vyhodnocování, takže se ukazuje, že bez závazných opatření a programů jsou nedostatečné. Jako příklad uvádí Drážďany, které omezují zastavěné pozemky na 40 % plochy (European Commission 2012a). Jako inspiraci k řešení ukazují také politiku greenbelt ve Velké Británii, kde zelené pásy pokrývají v Londýně 500 000 ha. Nebo také projekt Eco-Viikki realizovaný v Helsinkách, kde se postavila čtvrť podle nejnovějších ekologických norem.

Větší zastavování ploch bude mít to, že města na vnitrozemských říčních cestách budou čelit většímu množství záplav (EEA 2010c). Příkladem řešením těchto problémů mohou být omezení v Lotyšsku, kde podle European Commission (2012a) je zakázána stavební činnost 300 m od moře v zemědělských oblastech a 150 m v městských, podél vodních toků a jezer je to v závislosti na jejich velikosti.

## 2. 2 Technologie mapování zastavěnosti

Zastavěné plochy reprezentují přítomnost a aktivitu lidí, proto podrobnější populační data jsou důležitá pro hodnocení rizik negativních dopadů na obyvatelstvo a zmírňování následků přírodních a antropogenních katastrof (Rosina a kol. 2012). Proto je v dnešní době rozpoznávání zastavěných povrchů ve vyhovující přesnosti velkou výzvou a nedořešeným úkolem.

Skenery poskytují data se stále větším prostorovým rozlišením a ta dokáží lépe odrážet značné rozdílnosti materiálů a lépe se vypořádat s rozličnými atmosférickými vlivy (Herold 2007, cit. v Malý 2007). Potere (2009) dodává, že v identifikaci hustoty zástavby jsou snímky s vysokým rozlišením jednoznačně nejúspěšnější, ale tato metoda je zatím nedocenená hlavně kvůli finančním nákladům. Impulsem pro vývoj výzkumu urbanizovaných oblastí z digitálních snímků tedy bylo vypuštění družice SPOT, ale větší rozvoj nastal v druhé generaci družicových snímků s prostorovým rozlišením 10 až 30 m, kde hlavními zdroji byly satelity SPOT, IRS a Landsat (Donnay, Barnsley a Longley 2001). Ale pokud budeme analyzovat rozsáhlé územní celky v detailním rozlišení, pak Oulehla (2012) zmiňuje, že budou paměťové a výkonné nároky na paměťovou techniku

velmi vysoké. Donnay, Barnsley a Longley (2001) dodávají, že úspěšná analýza zastavěných území je závislá na přesném zpracování zdrojových snímků a kvalitě zúčastněných procesů.

Potere (2009) uvádí, že mapování hustoty obyvatelstva je velmi závislá na prostorovém rozlišení podkladových snímků. Podle něj jsou data s menším prostorovým rozlišením (250 až 300 metrů) nepoužitelná, jestliže chceme provést identifikaci hustoty městské zástavby, jelikož hrany budov v urbanizovaných oblastech a mezery mezi budovami mají velikost průměrně kolem dvaceti metrů. Zároveň uvádí, že při použití snímků s vysokým prostorovým rozlišením pod 10 metrů je možné úspěšně se vyhnout problému smíšených pixelů a mnohé prvky zástavby jsou ihned postřehnutelné. Oulehla (2012) také upozorňuje, že důležité je spektrální rozlišení snímku, protože v některých vlnových délkách jsou různé druhy povrchů lépe nebo hůře rozpoznatelné. Podle něj lze efektivně oddělit od sebe např. vodní plochu a pole na základě spektrálního chování nebo lesní komplex od řeky na základě rozměrů, ale některé druhy povrchů vykazují vysokou míru podobnosti ve všech vlastnostech, takže není možné je od sebe s uspokojivou spolehlivostí odlišit. Proto podle Malého (2007) lze tedy dosáhnout většího úspěchu při definování hierarchických nebo topologických vazeb.

Oulehla (2012) uvádí, že s rozvojem dálkového průzkumu Země je možné monitorovat změnu městské zeleně a to díky opakovanému snímání s konstantním časovým odstupem a také díky stále se zvětšujícímu prostorovému rozlišení pořizovaných dat. Také uvádí, že při zjišťování změny prostorového uspořádání městské zeleně lze využít hodnot vegetačního indexu (Vegetation Fraction Index), díky němuž lze kvantifikovat podíl vegetace oproti zastavěným územím, jako další metodu uvedl index zelenosti (Greenness index). Ale Maucha, Bútner a Kosztra (2010) uvádí, že spolehlivé odvození zastavěných území nelze přímo z vegetačního indexu, jelikož podle nich jsou nízké hodnoty indexu nejen u hustě zastavěných území, ale i u holých zemědělských půd.

Podle Rosiny a kol. (2012) bylo doteď prostorové rozmístění obyvatelstva reprezentováno vektorovými typy údajů, údaje o obyvatelstvu jsou dostupné z censů. Ale podle autorů mnozí autoři poukazují na nevýhody, zejména na problém modifikace územních jednotek. Nevýhoda tedy je, že hustota zalidnění je rovna pro každé místo znázorněného areálu (Tapp 2012, cit. v Rosina a kol. 2012). Rosina a kol. (2012) uvádí, že alternativou jsou populační povrchy vzorkované mřížkou s pravidelnou velikostí. Jako náhradní řešení byly podle nich vyvinuty metody dezagregácie. Autoři uvádí, že nejlepší výsledky dosahují metody používající jako pomocné údaje krajinou pokrývku nebo sklonitost.

Rosina a kol. (2012) uvádí, že v současnosti nejpřesnější rastrovou databází o obyvatelstvu na celoevropské úrovni je „Population density grid of the EU“ vytvořený v letech 2001 – 2009. Hlavní zdroje dat využité při tvorbě databáze byly podle nich údaje o počtu obyvatel z censů, CORINE Land Cover a hranice obcí Evropské unie. Podle Rosiny a kol. (2012) existuje vylepšení modelu s využitím pomocného zdroje dat dostupného

pro celou EU („EEA Fast Track Service Precursor on Land Monitoring - Degree of soil sealing at 100m spatial resolution” – rastrová databáze udávající stupeň nepropustnosti povrchu od 0 do 100 % s prostorovým rozlišením 100 m). Právě tato práce přinese hodnocení použité databáze Soil sealing v Česku.

Krajinný pokryv (land cover) vyjadřuje krajinné prvky fyzicky přítomné na zemském povrchu, jako jsou voda, písek nebo asfalt (Kerle, Jannsen, Huurneman, cit. v Kolomazník 2007). Maucha, Bütner a Kosztra (2010) upozorňují, že pokud chceme odhadnout oblasti, které jsou pokryty umělým povrchem, tak v Evropě se tradičně sečtou plochy zastavěné třídy, ale statistické údaje jsou silně závislé na definici zastavěné třídy. **Zastavěná plocha (bulit-up area)** je definována jako náhrada přírodního či téměř přírodního pokryvu nebo vody umělým často nepropustným materiálem (Fao Land Cover Classification Systém 2005, cit. v Hurbánek a kol 2010b). **Nepropustnost (imperviousness)** nebo **stupeň nepropustnosti (degree of soil sealing)** je stupeň zakrytí půdy, odhaduje se k ploše pixelu a je vyjádřen procentuální hodnotou od 0 do 100. **Zastavěná plocha** je pak popsána binární proměnnou (zastavěná nebo nezastavěná) a je definována jako pixel 20 × 20 m, 100 × 100 m, který má stupeň zastavění půdy více jak 80 % (Hurbánek a kol. 2010b). **Soil sealing** jak již bylo zmíněno, je pokrytí půdy nepropustnými materiály (EEA, 2011), tento termín odkazuje na měnící se vlastnosti půdy, která se pak chová jako nepropustné medium (European Commission, 2012d). Maucha, Bütner a Kosztra (2010) zmiňují, že znalost skutečného pokrytí povrchu a jeho vývoj je důležitá pro mnohé environmentální a zemědělsko-ekologické modelové výpočty. Různé použití však podle nich si vyžaduje různé druhy informací, je nemožné podle nich stlačit všechny informace do jedné vrstvy krajinného pokryvu. Jako příklad uvádějí, že někdy je potřeba agregovat statistické údaje do určité oblasti, jindy zase informaci o krajinném pokryvu. Některé aplikace podle nich potřebují statickou informaci o krajinném pokryvu, jiné potřebují informace o změně v sezónním nebo kratším měřítku.

Podle Kolomazníka (2007) k získávání informací o krajinném pokryvu se využívá metoda interpretace, která využívá lidskou schopnost vnímat spojitost mezi barvou a strukturou obrazových objektů a objektů v reálném světě. Většinou jsme schopni rozeznat objekt na první pohled, ale často je nutné využít i logický úsudek. Tato metoda je velmi zkreslená subjektivním ohodnocením, proto kvalitní interpretace vyžaduje velkou míru profesionálních zkušeností (Kerle, Jannsen, Huurneman, cit. v Kolomazník 2007).

## 2. 3 Statistické metody hodnocení přesnosti databáze

Podle Koláře (2003) kvalita hodnot v databázi je zpravidla hodnocena na základě statistického porovnání jednotlivých hodnot s údaji, které mají vyšší kvalitu a pocházejí z nezávislého zdroje. Jako kvalitativní parametry uvedl přesnost polohovou, popisnou, vnitřní provázanost dat a prostorové rozlišení. Naším cílem je určení tematické přesnosti, která podle Koláře (2003) udává pravděpodobnost, že objekt má skutečně vlastnost, jaká

je udávána příslušným atributem. Metoda hodnocení přesnosti podle něj záleží, zdali atributy nabývají spojitéch nebo diskretních hodnot, u diskretních veličin špatné označení jedné třídy ovlivní druhou. Uvádí, že odchylky jsou ovlivněny počtem tříd, způsobem výběru testovacích vzorků a definicí tříd. Dále zdůrazňuje, že odchylka není pro všechny kategorie stejná, tedy určení přesnosti diskretních atributů je složité a existuje k tomuto několik statistických metod, ty se ale rozcházejí v metodice, a proto i ve výsledcích. Základní požadavky na provedení validace jsou jasně definovaná kritéria a cílová přesnost (Maucha, Büttner a Kozstra 2010), která by v našem případě měla být 85 %.

Možnost vlastní klasifikace podle Dobrovolného (1998) značně přesahuje možnost vhodně hodnotit její přesnost, i když se tomuto tématu v poslední době věnuje značná pozornost. A dodává, že se výsledky klasifikace musí hodnotit s ohledem na polohu, protože celková výměra nalezených tříd může být stejná pro referenční data i klasifikovaný snímek, ale mohou se právě značně lišit polohou.

Tematická přesnost map z DPZ může být hodnocena různými způsoby, jako jsou porovnání rozloh ploch tříd v klasifikované tematické mapě vyjadřující reálný svět (km<sup>2</sup> nebo procenta z celkové rozlohy) nebo způsoby založené na přesnostní metrice (Congalton a Green, cit. v Kolomazník 2007). Dobrovolný (1998) tvrdí, že se nejvíce používá k hodnocení přesnosti klasifikace výpočet **klasifikační chybové matice (error matrix)**, která je čtvercová a porovnává u všech kategorií vztah mezi referenčními daty (sloupce matice) a výsledky klasifikace (řádky matice). V hlavní diagonále matice podle něj je uvedena přesnost pro každou klasifikovanou třídu (Tab. 1). Dále uvádí, že celkový správný počet pixelů každé třídy (očekávaná přesnost) je uvedena v řádku označeném jako SUMA. V sloupci SUMA je počet pixelů, které danou klasifikací byly do dané třídy zařazeny. Dále uvádí, že počty pixelů mimo hlavní diagonálu představují chyby v klasifikaci, které mohou být dvojího druhu. Ve sloupcích mimo hlavní diagonálu jsou **chyby z opomenutí** a v řádcích chybové matice mimo hlavní diagonálu se nacházejí **chyby z nesprávného zařazení**. V našem případě by neměla ani chyba z opomenutí ani z nesprávného zařazení přesáhnout 15 %.

**Tab. 1 Všeobecná podoba chybové matice pro mapu krajinného pokryvu s q třídami**

(zdroj: Rosina 2010)

		Referenční data				
	Třídy	1	2	...	q	
Hodnocená mapa	1	p <sub>11</sub>	p <sub>12</sub>	...	p <sub>1q</sub>	$\sum_{j=1}^q p_{1j}$
	2	p <sub>21</sub>	p <sub>22</sub>	...	p <sub>2q</sub>	$\sum_{j=1}^q p_{2j}$
	...	...	...	...	...	...
	q	p <sub>q1</sub>	p <sub>q2</sub>	...	p <sub>qq</sub>	$\sum_{j=1}^q p_{qj}$
		$\sum_{i=1}^q p_{i1}$	$\sum_{i=1}^q p_{i2}$	...	$\sum_{i=1}^q p_{iq}$	

Často využívaná míra přesnosti je celková přesnost, která se získá jako podíl správně klasifikovaných případů k celkovému počtu případů (Rosina 2010), která je podle Kolomazníka (2007) zavádějící, protože některé pixely jsou zařazeny do správné třídy náhodně, proto doporučuje tento ukazatel kombinovat s kappa koeficientem. Ale poukazuje na to, že mnozí autoři toto diskutují vzhledem k tomu, že je mnohdy náhodné zařazení přeceňováno a kappa koeficient podceňuje reálnou přesnost klasifikace. Na hodnocení přesnosti klasifikace v jednotlivých třídách lze pohlížet ze dvou pohledů (Campbell 1996, cit. v Dobrovolný 1998). Dobrovolný (1998) uvádí **přesnost z hlediska uživatele** a **přesnost z hlediska zpracovatele**. **Přesnost z hlediska uživatele (user's accuracy)** udává pravděpodobnost, s jakou pixel zařazený do dané třídy tuto třídu skutečně reprezentuje, vypočte se dělením hodnoty na hlavní diagonále a sumy v řádku. Doplňkem k této přesnosti Rosina (2010) uvádí **chybu přijetí (commission error)**, která představuje podíl nesprávně zařazených pixelů do určité třídy. **Přesnost z hlediska zpracovatele (producer's accuracy)** je poměr mezi hodnotou na hlavní diagonále a sumy v sloupci (Dobrovolný 1998). Tuto přesnost lze podle Rosiny (2010) interpretovat, jako přesnost, se kterou bude daný bod zařazen do správné třídy. Dále zmiňuje, že doplňkem k ní je **chyba vynechání (omission error)**, která je vyjádřena podílem pixelů, které byly nesprávně vynechány z třídy, do které skutečně patří.

Rosina (2010) uvádí, že jiní autoři popisují přesnost pomocí pokročilejších analytických technik vycházející z chybové matice, jako jsou Kappa koeficient nebo normalizovaná míra přesnosti. Těmito se však nebudeme také zabývat. Dále uvádí, že pro hodnocení přesnosti našeho objektu nelze používat ukazatel celkové přesnosti, jelikož nepropustné plochy tvoří jen malý podíl rozlohy států. A zdůrazňuje, že je potřebné pro každou třídu zvlášť vypočítat přesnost producenta i přesnost uživatele, která vypovídá o tom, do jaké míry se může uživatel na danou klasifikaci spolehnout. Kolomazník (2007) upozorňuje, že chybová matice dobře ukazuje tematické chyby z nesprávného zařazení pixelů do tříd, ale vyskytují se i netematické chyby, které se projevují ve výsledné přesnosti počítané z matice, ale nejsou prostřednictvím ní identifikovatelné. Dále upozorňuje, že se musí uvažovat, zdali se nenachází chyby už v referenčních datech, v případě chyb je hodnocení klasifikace značně zkresleno.

Maucha, Büttner a Kozstra (2010) používají k vyhodnocení kalibračního procesu korelační analýzu. V ideálním případě podle nich mají body Soil sealing a referenční nepropustnosti být podél přímky s počátkem v bodě [0;0] a koncovým bodem [100;100]. Nicméně uvádí, že vzhledem ke složitosti reálného světa a omezených možnostem zpracování a rozlišení dat se očekává odchylka od teoretické situace, zároveň spojnice trendu pro crossplot je méně strmá než v teoretickém případě. Upozorňují na to, že se mnoho hodnot nachází v dolní části grafu v blízkosti nuly a na pravé straně poblíž hodnoty 100. Body nacházející daleko od diagonály mohou mít příčinu podle nich v koncepčních problémech, jako je například chybná klasifikace řídce zarostlých ploch na utěsněném povrchu. Dále autoři vykreslují histogram rozdílu Soil sealing a referenčních hodnot,

dostali symetrické rozdělení okolo hodnoty blíží se nule, tím dokazují, že nedochází k systematickému nahodnocení ani podhodnocení. Velké směrodatná odchylka ukazuje podle nich omezení technologie, jako důvody velkého rozpětí uvedli sezónní rozdíly snímků IMAGE2006, různorodost způsobené IMAGE2006 a metodiky zpracování. Autoři uvádí, že některé metody výběru vzorků nejsou reprezentativní a například dáním stejného počtu vzorků do všech tříd dojde k silnému zkreslení statistických hodnot.

Rosina (2010) dále k hodnocení databáze uvádí statistickou metodu testování hypotézy, která zkoumá pravdivost základního výroku (nulové hypotézi  $H_0$ ) oproti ostatním možnostem (alternativní hypotéza  $H_1$ ). Musí být podle něj určena i hodnota statistické významnosti  $\alpha$ , jelikož pravdivost je dokázána v pravděpodobnostním smyslu.  $\alpha$  je hranice, která odděluje pravděpodobnosti považované za pravdu od nepravdivých. Dále zmiňuje, že jestli si chceme být jistí správností rozhodnutí (stanovením nižší hodnoty hladiny statistické významnosti  $\alpha$ ), pak musíme připustit širší interval spolehlivosti nebo vybrat a zkontrolovat více pixelů. Hodnotu považující za kompromis mezi spolehlivostí a efektivností uvádí  $\alpha = 0,05$ . Tuto hodnotu interpretuje tak, že existuje pouze 5% pravděpodobnost zamítnutí databáze, která je ve skutečnosti dostatečně přesná a naopak. Výsledkem testu jsou dva druhy správného a dva druhy nesprávného rozhodnutí, správné rozhodnutí jsou přijetí databáze, která má ve skutečnosti požadovanou přesnost, a odmítnutí databáze s nedostatečnou přesností (Arnoff 1982, cit. v Rosina 2010).

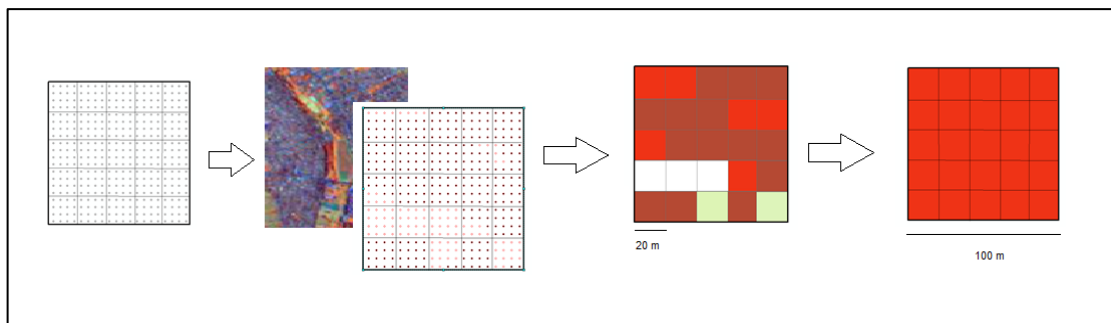
## KAPITOLA 3

### Data a metodika

#### 3. 1 Použitá data

**Soil sealing layer (SSL)** je první land cover vrstva s vysokým rozlišením, která pokrývá Evropu, její hlavní využití je analýza vlivu člověka na životní prostředí (Maucha, Bütner a Kosztra 2010). Tato rastrová vrstva nepropustnosti povrchu vznikla jako součást GMES Fast Track Land Service Monitoring (Land FTS LM) v letech 2006 – 2008 a představuje nový typ informační vrstvy v evropském environmentálním hodnocení a doplňuje Corine Land Cover údaje (Maucha, Bütner a Kosztra 2011). Tato vrstva pokrývá 27 zemí Evropské unie a 11 dalších zemí, celkově pokrývá plochu přibližně 5,8 km<sup>2</sup> (Kahabka a Lucera 2008).

SSL2006 jako CLC2006 je odvozen z IMAGE2006 (Příloha 1). IMAGE 2006 je rastrový produkt, který je založen na dvou typech snímků pořízených v roce 2006 (+/- jeden rok) senzory satelitu SPOT 4 a 5 a IRS-P6 (Maucha, Bütner a Kosztra 2010), které jsou převzorkované pomocí kubické konvoluční interpolace na rozlišení 20 m s geometrickou korekcí podle národního projekčního systému (EEA 2009, cit. v Hurbánek a kol. 2010). Kolář (2008) uvádí, že družice SPOT 4 nese skener HRVIR (High-Resolution Visible and Infrared), všechna pásma se zaznamenávají současně, tudíž se nemusí dodatečně nalícovat 10 m a 20 m data. Také zmiňuje, že tato družice nese skener VEGETATION, pořízená data mají v nadiru prostorové rozlišení 1,5 km a šířku záběru 2 2500 km, družice SPOT 5 je vybavena skenerem HRG (High resolution Geometry), který má rozlišení 5 m v panchromatickém režimu a 10 m v multispektrálním, ale panchromatická data lze získat s rozlišením 2,5 m. Data družice IRIS mají rozlišení 5,6 m, elektronický skener LISS-III měří s prostorovým rozlišením 23,5 m a šířkou záběru 141 m (Kolář 2008). Nejnovější verze SSL2009 je odvozena z IMAGE2009, které snímaly také senzory satelitů SPOT4 a 5 a IRS-P6 s elektronickým skenerem LISS-III (Lajčáková 2013).



**Obr. 3** Tvorba původní databáze SSL s rozlišením 100 m (zdroj: vlastní tvorba, Lajčáková 2013)

Maucha, Bütner a Kosztra (2011) tvrdí, že výrobek se dodává jako rastrový soubor dat kontinuálního stupně zastavěnosti půdy v rozmezí 0 až 100 %. Hurbánek a kol. (2010a) uvádí, že meziprodukt SSL je k dispozici s prostorovým rozlišením 20 m, konečný produkt má rozlišení 100 m ( $5 \times 5$  20 m). Podle Rosiny (2010) mapa v agregovaném rozlišení vzniká vypočtením průměrných hodnot pixelů mapy v plném 20m rozlišení, ale více jak polovina těchto pixelů musí v příslušném 100m pixelu mít platnou hodnotu (Obr. 3).

Kahabka a Lucera (2008) uvádí, že hodnoty pixelů u SSL jsou 0 pro nezastavěné oblasti a vodní plochy ve vnitrozemí, 1 – 100 pro zastavěné oblasti, 254 jsou nezařaditelné hodnoty, které nemohly být získány například kvůli oblačnosti a 255 jsou hodnoty, kde chybí data. Uvádí také, že metadata obsahují také vyhledávací tabulku (LUT), které umožní agregaci spojitých hodnot zastavěnosti. Dále uvádí, že Soil sealing layer je rozdělena do pěti tříd. A to 0 – 29 %, 30 – 49 %, kde 30 % je kompatibilní se spodní hranicí CLC třídy 1.1.2 a 49 % je střední hodnota této třídy. Další třída je zastavěná z 50 – 79 % (79 % je strop třídy CLC 1.1.2, čtvrtá třída je v rozmezí 80 – 99% zastavěnosti a poslední obsahuje 100% zastavěnost. Třídy CLC, které lze ztotožnit se zastavěnými plochami jsou znázorněny v příloze 2, v příloze 3 je pro představu znázorněno území pomocí CLC2006 a SSL2009.

Podle Rosiny a kol. (2012) Corine Land Cover má velkou nevýhodu a tou je minimální mapovací jednotka 25 ha, SLS tedy umožňuje identifikovat jádra obcí, které nejsou zaznamenané v CLC. Dále uvádí, že nevýhodu SSL je, že vysoký stupeň zastavěnosti mají plochy, které jsou pokryty umělým materiálem, tedy parkoviště, letiště či budovy skladů, které ale mají nízkou hustotu zalidnění. Hurbánek a kol. (2010b) považují za problém SSL dvojznačnost zemědělských a lesních prашných cest a skladování na volném prostranství bez umělého povrchu.

Podle Lajčákové (2013) v roce 2007 byl vypsán tender EEA/IDS/07/001 na zhotovení první verze produktu SSL v hodnotě 1,2 – 2 mil €. Objem práce se rozložil mezi šest firem, které si rozdělily monitorované území podle hranic států. Území Česka spravovala firma GISAT. V roce 2009 byl produkt zveřejněn prostřednictvím datové služby EEA, současně však byl vypsán další tender za účelem jeho zdokonalení, jehož výsledný produkt byl zveřejněn v lednu 2010.



Vylepšení zahrnuje (Maucha, Bűtner a Kosztra 2010):

- a) odstranění CLC2006 objektů třídy 1.3.x (doly, skládky a staveniště)
- b) uzavření mezer v obcích
- c) oprava chybných klasifikací letišť a přístavů
- d) oprava nesprávného zařazení CLC tříd 3.3.1, 3.3.2 a 3.3.3 (pláže, holé skály a plochy s ojedinělou vegetací)

Vylepšená verze evropské mapy zastavěných ploch (SSL06v2) je zdarma dostupná na internetové adrese<sup>1</sup> webové služby EEA v celoevropském rozsahu ve formátu GeoTiff v prostorovém rozlišení 100 × 100 m (EEA 2010a). Vytváření mapy každé tři roky a její vylepšení je složitý proces. V příloze 4 je vidět jakým způsobem vznikají jednotlivé verze SSL. Lajčáková (2013) uvádí, že při procesu změn v období 2006 – 2009 došlo k odhalení chyb, které vznikly při tvorbě vylepšené verze SSL2006, tak vznikla nejen SSL2009 s prostorovým rozlišením 100 m, ale i nová opravená SSL2006v3. Dále uvádí, že už se prostřednictvím nového aktuálního projektu GIO vyrábí nová verze SSL2012.

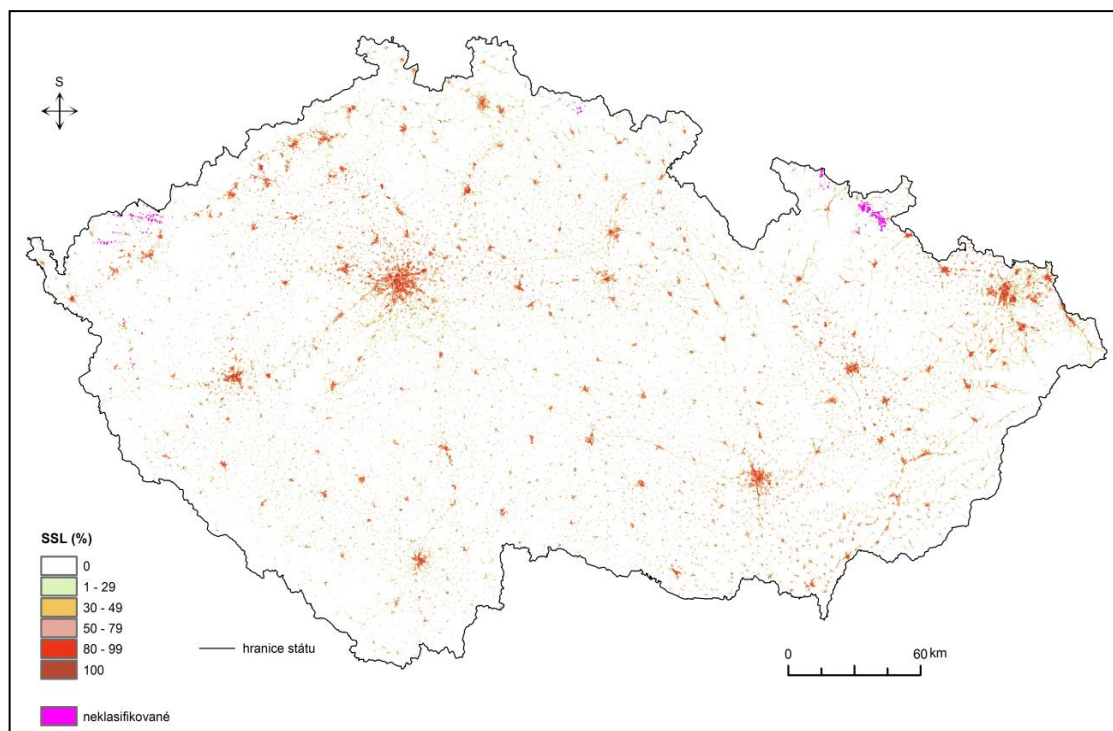
Objektem validace je evropská mapa zastavěných ploch pro rok 2009 na území České republiky v prostorovém rozlišení 100 × 100 m, která byla vytvořena na základě snímků IMAGE2009, které jsou podle e-mailu od Hurbánka (2012a) nasnímaná na území Čech v období 1. 4. 2008 – 12. 11. 2009. Uvádíme obr. 4, kde se můžete seznámit s vizuální stránkou produktu. Mapa zastavěných ploch dobře vystihuje sídelní systém v Česku.

Pro určení referenčních hodnot jsou použita barevná ortofota dostupná na geoportal.cuzk.cz. Určování referenčních hodnot probíhalo během měsíců březen až květen. Na začátku validace se podle ČÚZK (2013) nacházely na portálu takové snímky, kde bylo území rozděleno na třetiny, kdy východní třetina byla nasnímaná v roce 2009, střední v roce 2010 a západní v roce 2011. Od dubna 2013 jsou na portálu aktualizovaná ortofota, kdy východní polovina území byla snímána v roce 2012, ze západní poloviny bylo snímáno západní pásmo v roce 2011 a střední (1/6 území Česka) v roce 2010. O této změně jsme se dověděli až po dokončení interpretace snímků a analýz.

Snímky mají velikost pixelu 25 cm v barevné škále 8 bitů a jsou v souřadnicovém systému World Geodetic System 1984 (ČÚZK 2013). Jako doplňující zdroje informací a k určení změny za časové období jsou použity letecké snímky z portálu mapy.cz s detailním rozlišením 12,5 cm, nejaktuálnější snímky mají Jihočeský, Středočeský, Plzeňský a Královehradecký kraj, které jsou nasnímané v roce 2011 (mapy.cz 2012), severozápad a jihovýchod (1/3 území) jsou nasnímané v roce 2010 (mapy.cz 2011). Dále jsou použité letecké snímky z portálu maps.google.com.

---

<sup>1</sup> <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-fast-track-service-precursor-on-land-monitoring-degree-of-soil-sealing-100m-1>



**Obr. 4 Evropská mapa zastavěných ploch v roce 2009 s rozlišením 100 m na území Česka**  
(zdroj: SSL\_2009\_CZ.gdb, SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

## 3. 2 Metodika

Maucha a Bűttner (2007) uvádí, že existují dvě kontroly kvality výrobku. První ověření má podle nich za cíl zvýšit kvalitu výrobku a je tedy začleněna do výrobního procesu. Druhé ověření kvality se provádí po dokončení výrobku s cílem vyhodnotit přesnost databáze a neměla by být měněna po schválení. Evropská SSL byla validována European Topic Centre Land Use and Spatial Information (ETC-LUSI) v roce 2010 a zároveň byla vyvinuta metodika k modelování statistického využívání údajů zakrytí půdy a umožnění výpočtu kvantitativních přesností údajů (Maucha, Bűttner a Kosztra 2010).

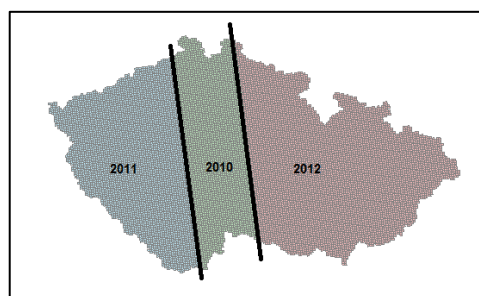
Maucha, Bűttner a Kosztra (2010) zmiňují, že při každé validaci je nutné si položit dvě otázky. Na kolik výrobek odpovídá specifikacím? Na kolik výrobek odpovídá realitě? Odpověď na první otázku podle autorů informuje o kvalitě hotového díla, tvoří základ pro přijetí, odmítnutí či revizi produktu. Druhá odpověď vypovídá o použitelnosti výrobku. Zdůrazňují, že pokud musí být rozhodnuto o výrobku, musí také být hotovy kvantitativní výsledky, kladou důraz na to, že různé použití vyžadují různé druhy jakostních parametrů. Autoři zdůrazňují, že obě otázky se týkají překrývajících se problémů, obě jsou důležité a obvykle mají jinou odpověď, tudíž specifikace produktu a kontrola kritérií hodnocení by měla vést ke správnému vyhodnocení hodnoty produktu.

Vycházíme z Hurbánka a kol. (2010a), kteří přináší výsledky přesnosti vrstvy pomocí systematických vzorků (pravidelné síť bodů s rozestupem 5 × 5 m) v areálech 6 × 6 km SSL na Slovensku, které následně porovnávají s ortofoty. Hurbánek a

kol. (2010a) uvádí, že produkt s rozlišením 100 m × 100 m je validován s větším než 85% tematickým upřesněním přesnosti požadavku uloženého na jeho binární verzi: zastavěné plochy ( $\geq 80\%$  Soil sealing), nezastavěné plochy ( $< 80\%$  Soil sealing). Hodnotí se přesnost dat o rozlišení 100 m, protože geometrická přesnost IMAGE2006 je RMSE cca 10 m v každém směru vzhledem k IMAGE2006 a USGS Land Cover reference dataset (Müller a kol. 2009, cit. v Hurbánek a kol. 2010a). Hurbánek a kol. (2010b) uvádí, že 80% zadaný práh je značně kritizován uživateli. Důvod je podle Hurbánka a kol. (2010a) zřejmě to, že tato limitní hodnota je použita v binární klasifikaci, ale je to jen první ze tří různých prahů (80, 50 a 20 %) pro klasifikaci do čtyř tříd (zastavěné, zastavěné/nezastavěné, nezastavěné/zastavěné a nezastavěné).

Hurbánek a kol. (2010b) uvádí, že při výskytu méně častých chyb většího rozsahu dochází k nadhodnocení SSL, to u podílu nepropustného povrchu v oblastech s městskou zástavbou, častějších chyb menších velikostí vedou k podhodnocení a to konkrétně k vynechání malého rozptýleného osídlení.

Pro účel zkoumání datové vrstvy na území České republiky byla nejprve vytvořena referenční databáze. Potom jsou referenční hodnoty zastavěnosti porovnány s původními pomocí kvantitativních metod. Dále jsou vzorky rozděleny podle roku snímání ortofot, z kterých vznikla referenční databáze (Obr. 5). Tyto vzorky jsou vzájemně porovnány pomocí vybraných statistických metod.



**Obr. 5 Rozdělení území České republiky podle roku snímání v červenci 2013**

(zdroj: [geoportal.cuzk.cz](http://geoportal.cuzk.cz))

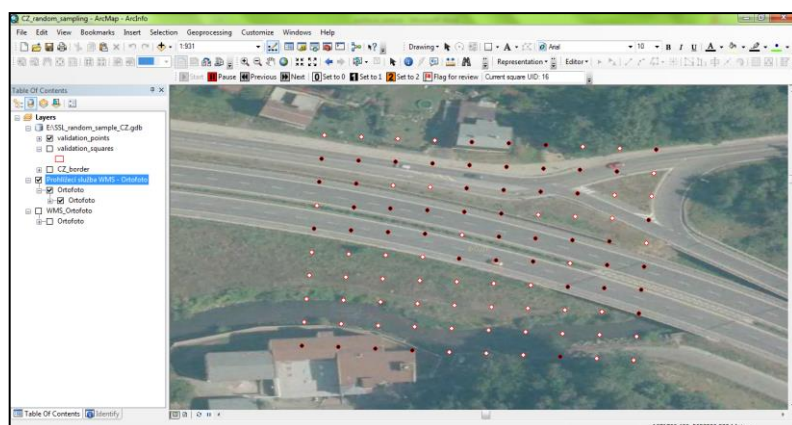
### **3. 2. 1 Tvorba referenční databáze**

K tvorbě referenční databáze (Příloha 17) je použita metoda nestratifikovaného náhodného výběru 20 000 vzorků. Následně se provedl ve vzorcích systematický výběr 100 bodů v pravidelné matici 10 × 10 bodů s rozstupem 10 m (Obr. 6). Těchto 2 000 000 bodů je interpretováno podle ortofot, zdali leží nebo neleží na nepropustné ploše. Stupeň nepropustnosti pixelu je určen součtem bodů nacházejících se na nepropustném povrchu.



**Obr. 6** Postup tvorby referenční databáze (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb, geoportal.cuzk.cz)

Vizuální interpretace leteckých snímků je prováděná v prostředí ArcMap 10 (Obr. 7). Dle Lajčákové (2013) je každému bodu přiřazena hodnota 0, 1 nebo 2. 0 reprezentuje propustné povrchy (bílá barva), 1 nepropustné plochy s alochtonním materiálem (černá barva) a 2 reprezentuje nepropustné s autochtonním materiálem (oranžová barva). Hodnota každého bodu je zapsána ve vrstvě SSL v atributové tabulce ve sloupci Ref\_value. Díky tomu, že hodnotící osoba neznala jejich hodnoty ve validované databázi, není úsudek ovlivnitelný. K urychlení odčítání referenčních hodnot je vyvinut skript, který zabezpečuje posun a zvětšení zobrazovaného výřezu mapy (Rosina 2010).

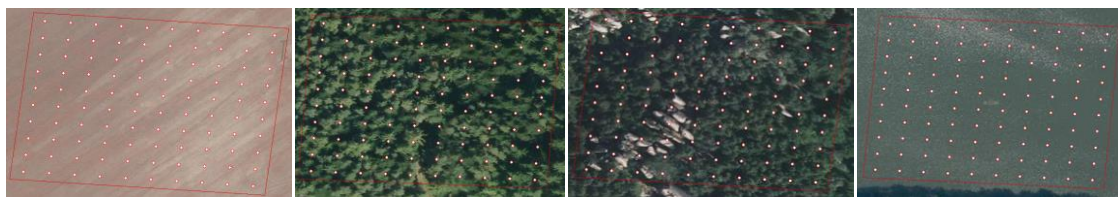


**Obr. 7** Interpretace leteckých snímků v prostředí ArcMap 10

(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb, geoportal.cuzk.cz, geografické rozhraní programu ArcMap 10)

## Hodnota 0

Bodům je přiřazena hodnota 0, pokud jsou to propustné plochy momentálně bez vegetace (např. polnohospodářské plochy) nebo s vegetací (Obr. 8), vodní plochy. Dále jsou to přirozené oblasti dlouhodobě bez vlivu člověka (skály, šterkové nebo písčné pláže, vodní plochy), kameny neodizolované od podloží, plochy více či méně úspěšně zarostlé vegetací. Zvláštními případy patří do kategorie 0 jsou skládky/haldy, hlušiny, staveniště zatím bez alochtonního materiálu (např. jen po prvních terénních úpravách, po odhrnutí ornice) a těžební prostory, tedy takové plochy, z kterých byla člověkem odstraněna vegetace kvůli povrchové těžbě hlíny, písku, kamene.



**Obr. 8 Příklady interpretovaných snímků jako propustný povrch**

(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb, geoportal.cuzk.cz)

#### Hodnota 1

Hodnotu 1 dostávají nepropustné plochy s alochtonním materiálem (přemístěné na dané místo aktivitou člověka), zastavěné plochy - např. budovy (Obr. 9), zpevněné (asfaltové, betonové, dlážděné, šterkové) komunikace, skládky komunálního nebo průmyslového odpadu obvykle odizolované od podloží.



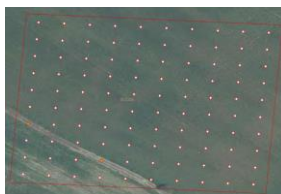
**Obr. 9 Příklady interpretovaných snímků s body s nepropustným povrchem**

(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb, geoportal.cuzk.cz)

0 se přiřadí bodu, když se pod ním nachází nepropustný objekt, ale je zřejmé, že se tam nachází jen dočasně (např. parkující auto) a je pod ním propustná plocha. Naopak 1 se přiřadí, když je zřejmé, že se nejedná jen o dočasné umístění (např. vrak nebo kopa šterku).

#### Hodnota 2

Hodnota 2 je přiřazena nepropustné ploše s autochtonním materiálem (bez alochtonního materiálu přemístěného na dané místo člověkem). Jsou to místa bez vegetace kvůli opakující se aktivitě člověka (Obr. 10). Tato místa musejí být holá alespoň na dvou snímkách dané lokality z různých časových období. Do této skupiny patří lesní, polní cesty, dvory a podobné plochy, které jsou ušlapané lidmi nebo hospodářskými zvířaty.



**Obr. 10 Příklad interpretovaných snímků s body s hodnotou 2**

(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb, geoportal.cuzk.cz)

V některých případech je nutné vyhodnotit snímky s ohledem na způsob snímání satelitu. Hodnota 1 se pak přiřadí bodu, který je lokalizovaný na místě, ve kterém je



na snímku vertikálně nepropustná plocha (např. stěna budovy), která je viditelná na ortofotu, protože je snímán kamerou z úhlu. 0 se přiřadí bodu, který se nachází na koruně stromu, i když se pod ní zřejmě nachází nepropustná plocha. V mnoha případech je nutné použít kontextuální informaci a to zejména, když je na objekt vrhán stín.

Stupeň zastavěnosti, respektive nepropustnosti povrchu (degree of soil sealing) je v každém vzorku znázorněn procentuální hodnotou od 0 do 100, která je získána součtem bodů, které se nacházejí na nepropustném povrchu. Tedy čím větší hodnota, tím více se půda chová jako nepropustné medium. Jelikož není přesně definováno, zdali nepropustné plochy s autochtonním materiálem (body s hodnotou 2) patří k nepropustným plochám či nikoli, tak je hodnota stupně nepropustnosti vypočítána pro dva případy. V prvním případě se s nimi pracuje jako s nepropustnými plochami, jsou tedy přiřazeny k bodům s hodnotou 1. Výsledné hodnoty se nachází v databázi u vrstvy validation\_squares v atributové tabulce ve sloupci Point\_ref\_val\_2to1. V druhém případě jsou přiřazeny k propustným plochám a výsledné hodnoty nepropustnosti se nachází ve sloupci Point\_ref\_val\_2to0.

### 3. 2. 2 Hodnocení databáze

Statistické hodnocení databáze je provedeno v prostředí Microsoft Exel. Porovnávány jsou hodnoty stupně nepropustnosti v referenční a původní databázi pomocí statistických metod. Pro hodnocení databáze je provedeno:

- 1) sestavení histogramu hodnot stupně zastavěnosti a rozdílů původních a referenčních hodnot
- 2) korelační analýza
- 3) výpočet průměrné absolutní normalizované chyby (MEAn), průměrné absolutní chyby normalizované nadhodnocení (MOEn) a průměrné absolutní normalizované chyby podhodnocení (MUEn)
- 4) výpočet chybové matice

Histogramy ukazují, jaké hodnoty se vyskytují v referenční a původní databázi, znázorňují, zdali dochází k podhodnocení nebo nadhodnocení a jaké hodnoty jsou preferovány.

#### Použitý vzorec:

nadhodnocení (podhodnocení) =  $SSL_i - SSR_i$

$SSL_i$  = SSL hodnota v  $i$  – tém pixelu

$SSR_i$  = referenční hodnota v  $i$  – tém pixelu

$SSL_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots, 100\}$

$SSR_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots, 100\}$

Korelační analýza ukazuje sílu a směr vztahu mezi referenčními a původními daty. Korelační koeficienty dokazují tematickou přesnost mezi daty. Dle Zváry (2004) jsou vypočítány Pearsonovy a Spearmanovy korelační koeficienty.

**Pearsonův korelační koeficient:**

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

**Spearmanův korelační koeficient:**

$$r_{xy} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_i - Q_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

$n$  = počet vzorků

$R_i \dots R_n$  jsou pořadí náhodných veličin  $x_i \dots x_n$  seřazeného podle velikosti, obdobně  $Q_i \dots Q_n$  veličin  $y_i \dots y_n$ .

$x_i$  = SSL hodnota v  $i$  – tém pixelu,  $x_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots 100\}$

$y_i$  = referenční hodnota v  $i$  – tém pixelu,  $y_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots 100\}$

Podle Hurbánka (2013b) je počítána průměrná absolutní normalizovaná chyba (MEAn), která vyjadřuje poměr v procentech mezi špatně klasifikovanými body a body klasifikovaných jako nepropustné.

**MEAn:**

$$MAEn = \frac{\sum_{i=1}^n |SSL_i - SSR_i|}{\text{počet bodů klasifikovaných jako nepropustné v České republice}} \cdot 100 (\%)$$

$SSL_i$  = SSL hodnota v  $i$  – tém pixelu

$SSR_i$  = referenční hodnota v  $i$  – tém pixelu

$SSL_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots 100\}$

$SSR_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots 100\}$

Pro MOEn a MUEn je tento vzorec upraven, je počítán jen z nadhodnocených a posléze podhodnocených pixelů. Tyto chyby ukazují, jestli dochází více k podhodnocení nebo nadhodnocení.

Chybová matice je použita k hodnocení specifikací produktu a k rozhodnutí o přijetí produktu. Chybová matice je popsána v kapitole 2. 3.

## KAPITOLA 4

### Výsledky

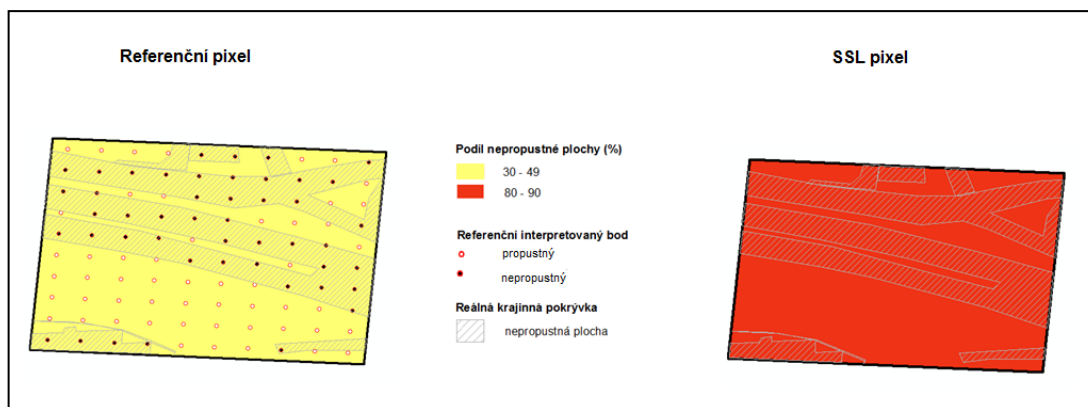
#### 4.1 Statistické hodnocení databáze

Statistické hodnocení je prováděno pro typ A, kdy jsou body s hodnotou 2 přiřazeny k zastavěným plochám (hodnotě 1), referenční databáze se označuje SSRa a typ B je případ, kdy se s nimi počítá jako s hodnotou 0 (nezastavěné plochy), referenční databáze SSRb. Výsledky validace jsou postupně přehledně zobrazeny. Analýza ukazuje některé z chyb a nesrovnalosti.

##### 4.1.1 Hodnocení databáze pomocí histogramů

V ideálním případě jsou hodnoty stupně zastavěnosti původní databáze shodné s referenčními. Porovnáním rozdílu původních a referenčních hodnot míry nepropustnosti získáváme míru nadhodnocení a podhodnocení. Nejčastější chybou v hodnocené databázi je podhodnocení stupně nepropustnosti oproti referenčním datům. Tedy hodnota stupně nepropustnosti v původní databázi je menší než v referenční. Druhý typ chyby, který je u této databáze méně častý, je nadhodnocení stupně nepropustnosti (Obr. 11). Ačkoliv je tato chyba méně častá, v průměru jsou chyby nadhodnocení větší, průměr absolutních hodnot nadhodnocení je téměř třikrát větší než častějších chyb podhodnocení. Podhodnocení může být zapříčiněno tím, že ortofota jsou novější a vyskytuje se na nich nová výstavba. Že dochází méně k nadhodnocení, je logické, v tomto případě by muselo dojít k odstranění výstavby, k nadhodnocení dochází zejména u šterkových násypů (Příloha 6). Výsledky jsou hodně ovlivněné dobou, která uběhla mezi pořízením IMAGE2009 a ortofot, z nichž je tvořena referenční databáze.



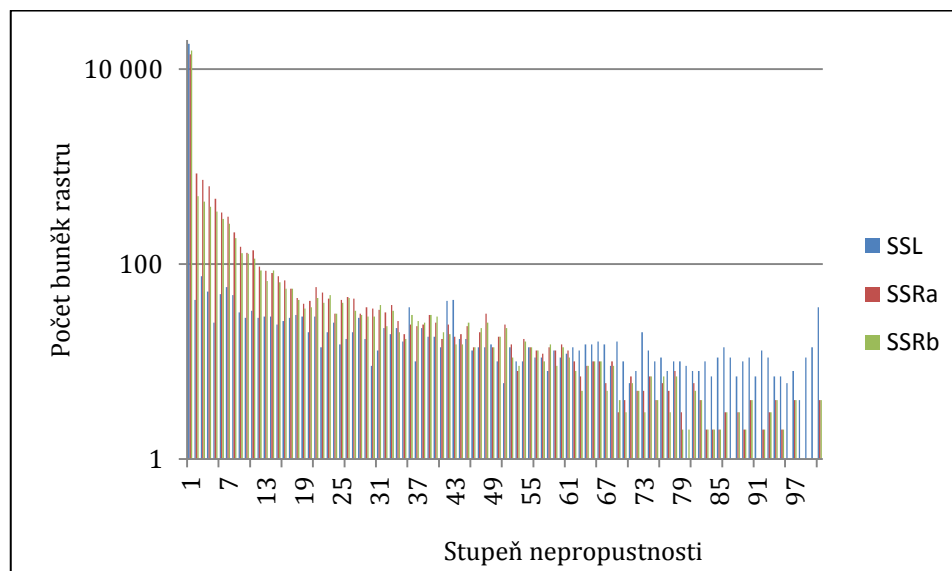


**Obr 11 Teoretický model** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

Z grafu 1, který má logaritmické měřítko, je patrné, že nejčtenější hodnotou je 0, což ovlivní některé výsledky statistické analýzy. Dále je patrné, že hodnoty nepropustnosti SSL nad 60 % jsou početnější než v referenčních databázích. U zastavěných ploch je v původní databázi nejpočetnější hodnota 100, v realitě se tento případ vyskytuje jen málo, jedná se o průmyslové podniky nebo sklady. Původní databáze preferuje nulové hodnoty před nízkými nenulovými (Příloha 14, 3. a 4.), v grafu 1 má původní databáze více hodnot 0 %, ale 1 % už má víc hodnot SSRa.

**Graf 1 Četnost původních a referenčních hodnot v náhodném vzorku**

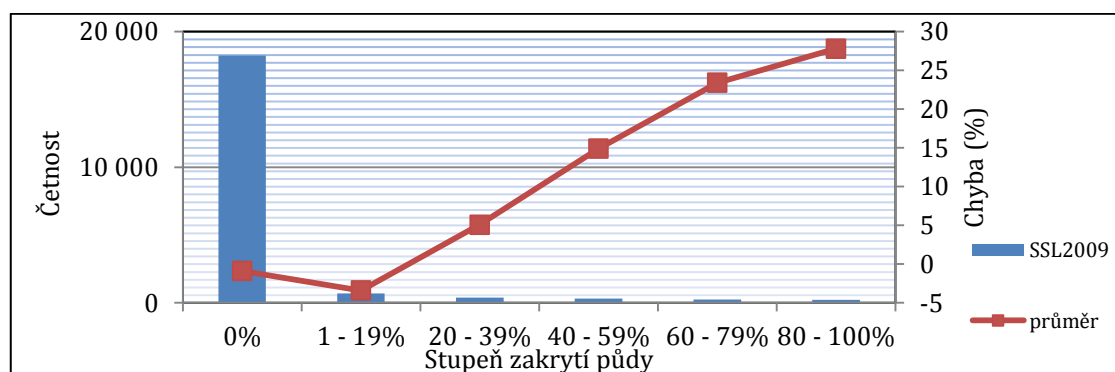
(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)



Dle přílohy 5 je v prvním případě 4 633 pixelů podhodnocených a 1 119 nadhodnocených oproti referenční databázi A. U druhého případu je podhodnocených 3 283 pixelů a nadhodnocených 1 177. Pro lepší znázornění podhodnocení a nadhodnocení jsme sestrojili graf 2, který ukazuje, že u původních hodnot SSL, které mají 0% zastavění, dochází v průměru k podhodnocení o 0,89 procentuálního bodu oproti referenčním datům typu B. Ačkoliv se to zdá jako nízká hodnota, musíme

zdůraznit, že se jedná o nejpočetnější interval a nachází se v něm přes 18 000 vzorků z celkového počtu 20 000. Každý vzorek má rozlohu 1 ha, takže bylo opomenuto přes 162 hektarů. U hodnot, které mají 1 – 19% zastavění, dochází také k podhodnocení a to o 3,4 procentuálního bodu. Zde došlo k vynechání přes 23 hektarů. U ostatních hodnot dochází k nadhodnocení, jehož průměrná velikost stoupá s mírou zastavění uvedené v databázi SSL. Příloha 5 ukazuje četnost míry nadhodnocení a podhodnocení. Je bez hodnot, které mají rozdíl původních a referenčních roven nule. Tedy těch, u kterých dopadla validace na výbornou. U referenční databáze A má 14 248 pixelů rozdíl referenční a původní hodnoty roven 0, z toho jen 52 jich je nenulových v původní databázi. Při přiřazení hodnoty 2 k propustným plochám má tento rozdíl 15 540 pixelů, z toho 711 nenulových v původní. Příloha 5 ukazuje, že dochází k výrazně větší četnosti podhodnocení než nadhodnocení u menších hodnot. Naopak nadhodnocené pixely dosahují vyšších hodnot nadhodnocení, nejvíce podhodnocené pixely mají procentuální hodnotu zastavění o 50 menší než v referenční databázi, mezi nadhodnocenými pixely jich je více, které mají o 50 větší hodnotu než v referenční databázi a jsou tam i pixely, u kterých je hodnota vyšší až o 94 procentuálního bodu.

**Graf 2 Četnost pixelů SSL2009 a průměrné chyby podhodnocení/nadhodnocení v porovnání se SSRb** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)



**Poznámka:** Na ose x jsou vzorky rozděleny podle hodnot SSL.

#### 4.1.2 Korelační analýza

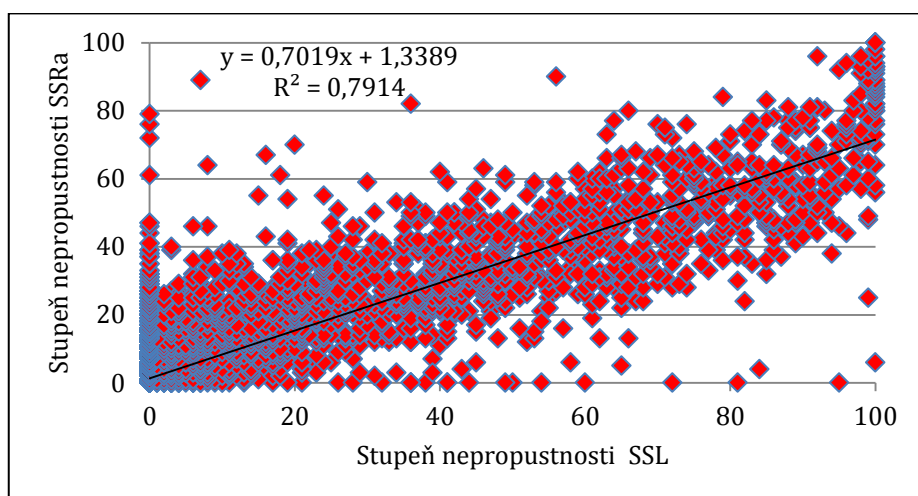
K hodnocení korelační analýzou je použit Pearsonův a Spearmanův korelační koeficient. Pomocí nich dokazujeme vztah mezi referenčními a SSL daty, které vyjadřují tematickou přesnost, přesněji zdali popisná data vyjadřující stupeň nepropustnosti jsou shodná. Čím víc se koeficient blíží k hodnotě 1, tím je závislost a tematická přesnost vyšší, tedy původní data se více blíží referenčním. Do korelační analýzy nejprve vstupují hodnoty nepropustnosti z původní a referenční A databáze, potom referenční B a původní hodnoty pro rok 2009.

**Tab. 2 Výsledné korelační koeficienty** (zdroj: *SSL\_random\_sample\_CZ.gdb*)

	A	B
Pearsonův	0,889591	0,89886
Spearmanův	0,999997	0,999997

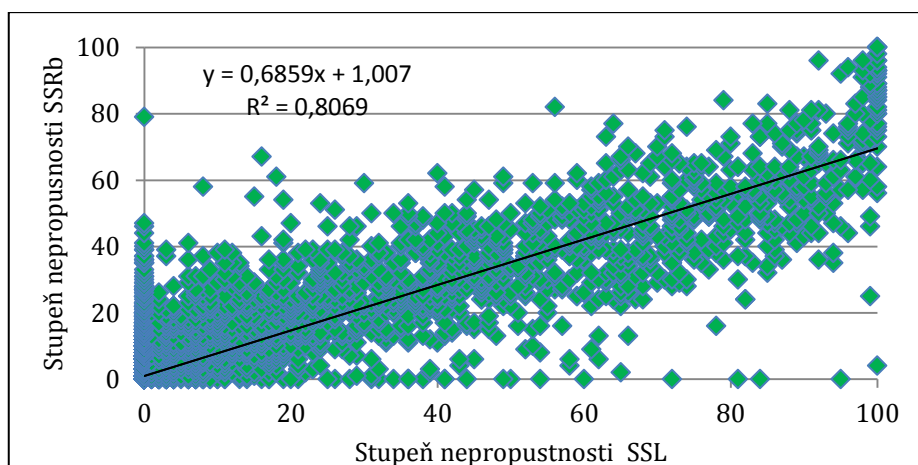
Obě hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu ukazují silnou pozitivní závislost. Spearmanovy koeficienty mají dokonce stejnou hodnotu a vyjadřují téměř perfektní závislost (Tab. 2). Pozitivní korelace mezi SSL daty a referenčními daty tedy dokazuje, že existuje mezi nimi vztah, který hovoří o tematické přesnosti.

**Graf 3 Vztah SSL a SSRa** (zdroj: *SSL\_random\_sample\_CZ.gdb*)



Silná pozitivní závislost je zřejmá i z grafů 3 a 4. Dále je z těchto grafů patrné, že dochází k preferování hodnoty 0 před nízkými nenulovými a 100 před vyššími hodnotami nepropustnosti

**Graf 4 Vztah SSL a SSRb** (zdroj: *SSL\_random\_sample\_CZ.gdb*)



#### 4.1.3 Výpočet absolutních průměrných normalizovaných chyb

Průměrná absolutní normalizovaná chyba (MEAn) vyjadřují poměr v procentech mezi jakoby špatně klasifikovanými body a body klasifikovaných jako nepropustné. „Jakoby špatně“ vyjadřuje, že neznáme přesně špatně klasifikované body, ale jen procentuální podíl nepropustnosti celého pixelu. Výpočet průměrné absolutní normalizované chyby nadhodnocení (MOEn) a podhodnocení (MUEn) ukazují, zdali více dochází k podhodnocení nebo nadhodnocení.

Tab. 3 ukazuje, že poměr v procentech mezi špatně klasifikovanými body a body klasifikovaných jako nepropustné je pro typ A 67,78 % a typ B 60,4 %, tedy u typu B připadá méně špatně klasifikovaných pixelů na body klasifikovaných jako nepropustné. Pro představu jsme tuto tabulku doplnili o rozlohu špatně klasifikovaných pixelů (MEA) a velikost rozlohy nepropustné plochy.

Vypočtené MOEn a MUEn ukazují, že dochází více k podhodnocení (Tab. 4), zároveň ukazují, že tyto chyby jsou větší pro typ A. U typu B jsou špatně vyhodnocené pixely rozdělené zhruba na půl mezi podhodnocené a nadhodnocené.

**Tab. 3 MEAn pro typ A a B** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

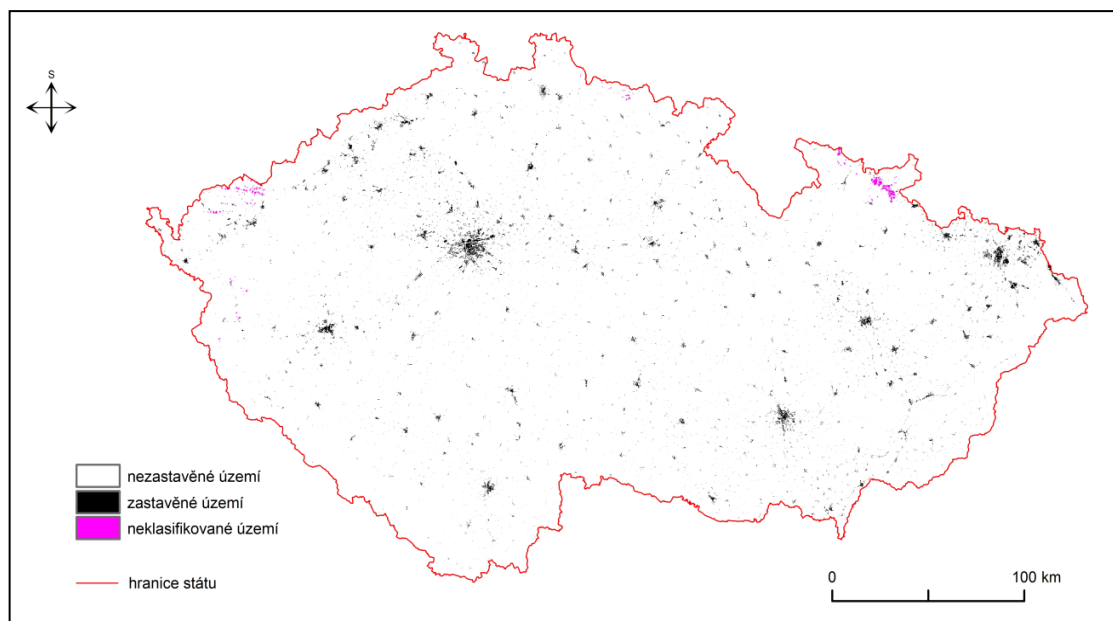
	MEAn (%)	MEA (ha)	Nepropustná plocha (ha)
A	67,78	392,49	729,59
B	60,4	530,90	652,71

**Tab. 4 MOEn a MUEn pro typ A a B** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

	MOEn (%)	MUEn (%)	MOE (ha)	MUE (ha)
A	30,4	37,38	172,04	216,45
B	30,01	30,43	263,69	267,38

#### 4.1.4 Výsledná chybová matice

Pro hodnocení databáze chybovou maticí je modifikována na dvě třídy. Do první třídy patří zastavěné plochy s mírou nepropustnosti 80 % a více, druhá třída jsou nezastavěné plochy s mírou nepropustnosti do 80 %. Obr. 12 znázorňuje, jak vypadá sídelní struktura po této modifikaci. Tato hodnota je vybrána, protože takto byla zadána v tendru na hodnocení této databáze. Jako hypotézu si stanovujeme, že aby databáze byla přijata, musí celková přesnost dosáhnout alespoň 85 % a chyba přijetí a vynechání nesmí překročit 15 %. Výsledky validace jsou přehledně zobrazeny v chybových maticích.



**Obr. 12 Binární mapa zastavěných a nezastavěných ploch v roce 2009 s rozlišením 100 m na území Česka (zdroj: SSL\_2009\_CZ.gdb, SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)**

Při porovnání původní a referenční databáze se vyskytuje chyba přijetí, která vyjadřuje podíl nesprávně zařazených pixelů do určité kategorie. V první matici (Tab. 5) jsou tři případy nezastavěných ploch klasifikované v referenční databázi jako zastavěné, v druhé matici (Tab. 6) jsou dva. Chyba přijetí pro nezastavěné plochy je v prvním případě 0,02 % a v druhém 0,1 %. V prvním případě je chyba přijetí pro zastavěné plochy 78,28 %, tedy počet zastavěných plochy následně klasifikovaných jako nezastavěné v referenční databázi je mnohem vyšší než počet klasifikovaných správně. Z toho vyplývá nízká hodnota přesnosti uživatele pro zastavěné plochy 21,73 %, která představuje, že pixel klasifikovaný v mapě do určité třídy do ní skutečně patří. Přesnost producenta pro tuto třídu je 94,12 %, která vyjadřuje přesnost, s jakou byla zmapována daná třída. V druhé matici je chyba vynechání pro zastavěné plochy 78,74 %, tedy je velmi blízká hodnotě v první matici. Počet chybně přijatých pixelů zastavěných ploch do třídy nezastavěných ploch není v obou případech dostatečně vysoký, tak aby celková přesnost nedosáhla požadovaných 85 %. Ale takto chybně přijaté pixely ovlivňují chybu vynechání u zastavěných ploch, která pak přesahuje 15 %.

V obou případech celková přesnost má hodnotu 99,12 %. Jelikož chyba přijetí pro zastavěné plochy přesahuje požadovaných 15 %, je to důvod k odmítnutí databáze. U takto vysokého prahu dochází k velké chybovosti při přijímání nezastavěných pixelů mezi zastavěné. Hodnoty chybových matic nám dovolují tvrdit, že v našem případě nemělo přiřazení hodnot 2 k prvnímu či druhému modelu vliv na výsledek validace s prahem 80 % zastavěnosti.

**Tab. 5 Chybová matice A** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

		Referenční data				
	Třídy	Zastavěné plochy	Nezastavěné plochy	Suma	Přesnost uživatele	Chyba přijetí
<b>Hodnocená mapa</b>	Zastavěné plochy	48	173	221	21,72 %	78,28 %
	Nezastavěné plochy	3	19 776	19 779	99,98 %	0,02 %
	Suma	51	19 949	Celkový počet vzorků: 20 000 Celková přesnost: 99,12 %		
	Přesnost producenta	94,12 %	99,13 %			
	Chyba vynechání	5,88 %	0,87 %			

**Tab. 6 Chybová matice B** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

		Referenční data				
	Třídy	Zastavěné plochy	Nezastavěné plochy	Suma	Přesnost uživatele	Chyba přijetí
<b>Hodnocená mapa</b>	Zastavěné plochy	47	174	221	21,26 %	78,74 %
	Nezastavěné plochy	2	19 777	19 779	99,90 %	0,1 %
	Suma	49	19 951	Celkový počet vzorků: 20 000 Celková přesnost: 99,12 %		
	Přesnost producenta	95,92 %	99,13 %			
	Chyba vynechání	4,8 %	0,87 %			

Nejvíce problematické oblasti se ukazují vzorky se šterkovými násypy a kolejiště, kde dochází k nadhodnocení (Příloha 6). Ale v databázi se nachází i zcela špatně vyhodnocené vzorky (Příloha 6, vzorek 6. a 7.), konkrétně takové, které jsou ve skutečnosti celé nebo z velké části přírodní a jsou klasifikované jako zastavěné, ale to jen výjimečně, můžou být z části zapříčiněné časovým rozptylem mezi IMAGE2009 a ortofoty, z nichž vznikla referenční databáze. Zvláštním případem jsou lomy, které jsou v původní databázi klasifikované jako zastavěné, ale v referenční se klasifikují jako přírodní povrch.

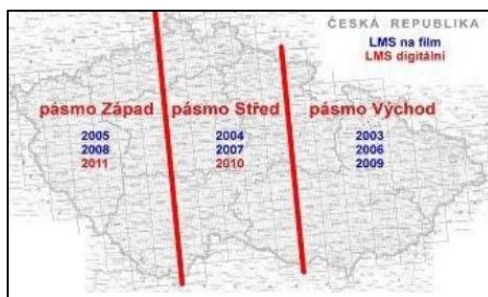
Spornou otázkou jsou polní, lesní cesty a dvory. Validace ukazuje, že jejich přiřazení nemá velký vliv na její výsledek. Přesto bychom se z průběhu analýzy přikláněli k přiřazení těchto případů k propustným plochám. A to z porovnání Pearsonova korelačního koeficientu, grafů 3 a 4 a výpočtu absolutních průměrných normalizovaných chyb.

Histogramy nám ukázaly, že dochází k preferenci nulových hodnot před nízkými nenulovými, dále 100% nepropustnosti před vyššími hodnotami nepropustnosti. Korelační analýza dokázala tematickou přesnost mezi původními a referenčními daty. A

chybová matice vedla k zamítnutí databáze. My jsme se rozhodli zkoumat ještě přesnost databáze v závislosti na době pořízení snímků použitých k tvorbě referenční databáze.

## 4. 2 Porovnání modelových území

Je porovnáno západní území, které bylo snímáno v roce 2011, plošně nejmenší území střed, které bylo nasnímané v roce 2010 a plošně největší a nejnověji nasnímané (v roce 2012) východní území (Obr. 5). Na úvod musíme zdůraznit, že část vzorků z východního území mohla být interpretována pomocí snímků z let 2009 a 2010 (Obr. 13), což negativně ovlivní výsledek. Pro celé srovnání jsme přiřadili hodnoty 2 k propustným plochám, protože z výsledků předchozích analýz nám typ B vyšel jako ten, který lépe vystihuje realitu.



**Obr. 13 Rozdělení území České republiky podle roku snímání do 15. 4. 2013  
na území Česka (ČÚZK 2012)**

Pro porovnání těchto území jsme sestrojili histogram rozdílů původních a referenčních hodnot, dále jsme vypočetli Pearsonův a Spearmanův korelační koeficient, výpočet průměrné absolutní normalizované chyby (MEAN), průměrné absolutní normalizované chyby nadhodnocení (MOEn) a průměrné absolutní normalizované chyby podhodnocení (MUEn). Tyto chyby jsou normalizované tak, že v podílu se nacházejí body klasifikované v referenčním datasetu jako nepropustné na daném území. Modelové území střed má 15 743 nepropustných bodů, západ 16 260 a východní území 33 129. Dále jsme použili chybovou matici pro modifikované třídy pro zastavěné a nezastavěné území s prahem 80 %.

Střed je dobou snímání nejbližší SSL2009, tudíž předpokládáme, že bude mít největší tematickou přesnost a s novějším rokem snímání ortofot se bude přesnost snižovat. Tedy území budou mít postupně větší množství větších rozdílů hodnot zastavěnosti. Korelační koeficienty budou pro střed nejvyšší a pro východ nejnižší. MEANn je poměr špatně klasifikovaných pixelů k celkovému počtu bodů klasifikovaných v modelovém území jako nepropustné. Proto předpokládáme, že tuto hodnotu bude mít nejnižší střed a nejvyšší východní území. To samé předpokládáme pro výpočet chyby podhodnocení, jelikož s časem nepropustné plochy přibudou. Dále předpokládáme, že celková přesnost chybové



matice bude nejvyšší pro střed a nejnižší pro východ a chyby přijetí budou nejnižší pro střed.

Sestrojené histogramy naši hypotézu nepotvrdily. Graf východního území (Příloha 10) má nejvyšší hodnotu nejvyšších podhodnocení a nadhodnocení. Druhé nejvyšší hodnoty rozdílů má střed (Příloha 8). Nejmenší hodnotu nejvyššího nadhodnocení a podhodnocení má západ (Příloha 9). Aby bylo možné je srovnat, vyjádřili jsme četnost pixelů relativně v procentech (Příloha 13). Střed a východ mají histogramy podobné. U histogramu západu nedochází k tak velkým hodnotám podhodnocení a nadhodnocení jako u zbylých dvou.

**Tab. 7 Korelační koeficienty pro modelová území SSL2009 v Česku**

(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

	Pearsonův korelační koeficient	Spearmanův korelační koeficient
západ	0,8953	0,9999907
střed	0,9119	0,9999987
východ	0,8926	0,9999969

Pearsonův korelační koeficient dokazuje naši hypotézu, nejnižší hodnotu má východ a nejvyšší střed, který je i vyšší než pro celé území (Tab. 7). Ale Spearmanovy korelační koeficienty tuto hypotézu neprokázaly, největší hodnotu má sice střed, ale nejnižší má západ.

Provedením druhé metody, vypočítáním MEAn se nám naše hypotéza potvrdila jen částečně. Nejmenší hodnotu MEAn má střed a to 59,03 %, tedy má nejméně špatně vyhodnocených pixelů na zastavěné body v daném území. Největší poměr špatně klasifikovaných pixelů k zastavěným plochám má ale západ a to 62,64 % (Tab. 8). Vypočtené chyby podhodnocení a nadhodnocení ukazují také, že největší hodnoty má západ a nejmenší střed. Dále ukazují, že dochází více k podhodnocení než nadhodnocení (Tab. 9).

Výsledné chybové matice (Příloha 12, 13, 14) naši hypotézu neprokázaly, celkovou přesnost má nejmenší střed a největší západ území. Chybu vynechání pro zastavěné plochy má největší střed a nejmenší východ, tedy střed nejvíce klasifikuje nezastavěné plochy jako zastavěné. Chyba přijetí pro zastavěné plochy se v celé databázi vyskytuje jen dvakrát, proto nulová hodnota pro střed není vypovídající. Všechny matice upozornily na příliš vysokou hodnotu chyby přijetí pro zastavěné plochy. Porovnání chybových matic je ovlivněno jiným počtem vzorků a stanovenou prahovou hodnotou.



**Tab. 8 Průměrné absolutní normalizované chyby (MEAn) pro modelová území v Česku**

(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

	MEAn (%)
západ	62,64
střed	59,03
východ	60,01

**Tab. 9 MOEn a MUEn pro modelová území SSL2009 v Česku** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

	MUEn (%)	MOEn (%)
západ	32,49	30,15
střed	32,31	26,72
východ	32,40	27,61

Jediný Pearsonův koeficient naši hypotézu potvrdil, ostatní metody potvrdily jen částečně hypotézu, že se bude tematická přesnost snižovat s novějším rokem snímání. Některé metody ukazují jako přesnější východ než západ, nejpravděpodobněji to bude zapříčiněno tím, že validace začala v době, kdy na geoportal.cuzk.cz byly snímky z let 2009, 2010 a 2011. Vzorky nacházející se ve východním modelovém území s nejnovějším datem snímání se mohly během validace nacházet v pásmu nasnímaném v roce 2009, pokud ale byly v západní části východní poloviny republiky tak v roce 2010. Výsledky porovnání až na chybové matice ale ukazují, že je střed přesnější oproti zbytku území. Což může být podpořeno tím, že podle ČÚZK (2013) je pro střední a západní území střední souřadnicová chyba 0,25 m a pro východní 0,35 m. Pravděpodobně však tento faktor měl o mnoho menší vliv na výsledek validace než datum snímání.

## KAPITOLA 5

### Diskuze

#### 5. 1 Možné zdroje chyb

V ideálním případě původní databáze je shodná s referenční. Zjištěné rozdíly mohou být způsobené tím, že původní nebo referenční databáze neodpovídá realitě.

Příčiny nesouladu původní databáze s realitou jsou často diskutované. Za hlavní problém se považuje nepřesnost definice. Jak už bylo zmíněno, zastavěná plocha je definována jako náhrada originálního přírodního či téměř přírodního pokryvu nebo vody umělým často nepropustným povrchem (EEA 2011). Rosina (2010) uvádí, že je potřebné přesně definovat pojem nepropustných ploch a to nejlépe explicitním vyjmenováním typů krajinné pokrývky. Dále uvádí spornou otázku v klasifikaci ploch, které jsou uměle vytvořené člověkem, ale nejsou zakryté alochtonním materiálem. Sporné objekty byly řešené během tvorby vylepšené druhé verze, konkrétně překlasifikování těžebních ploch, skládek a lokalit ve výstavbě. Zastavěné pixely jsou podle definice z 80 – 100 % tvořeny nepropustným povrchem. Nejvíce diskutovanou otázkou je právě prahová hodnota 80 %, tato hodnota je podle mnohých autorů příliš vysoká. Tento práh je nepoužitelný pro běžnou sídelní strukturu v Evropě, hlavní část sídelní struktury má hodnotu nepropustnosti mezi 25 a 75 % (Banko 2008, cit. v Rosina 2010). Hodnota 80 % zachycuje např. ve Finsku jen největší městské oblasti a jako hranice tříd je zde doporučena hodnota 25 % (Pieponnen 2008, cit. v Rosina 2010). Rosina (2010) uvádí, že dospěli k podobným výsledkům jako v Maďarsku, kde práh 80 % nepovažují za smysluplný, jelikož velká část pixelů klasifikovaných jako zastavěné měla referenční hodnotu mezi 60 – 80 % a na Slovensku se nacházejí již od 50 %. Tento problém se nadále řeší. Navrhuje se práh 30 %, protože u této hranice vyšla nejvyšší přesnost (Geoland 2010, cit. v Rosina 2010).

Dalším zdrojem chyb, ale malým, mohla být geometrická nepřesnost podkladových snímků pro SSL a leteckých snímků pro SSR. Podle ČÚZK (2013) je střední souřadnicová chyba ortofot na jejich portálu pro střední a západní území 0,25 m a pro východní 0,35 m. Na území České republiky je podle Müllera a kol. (2007) RMSE v rovnoběžkovém směru v průměru 11 m a RMSE v poledníkovém směru 8 m. Zkoumání geometrické přesnosti není úkolem této práce, můžeme vycházet z Rosiny (2010), který konstatuje, že tato

(ne)přesnost při velikosti pixlu 100 m není významný zdroj chyb, jelikož na Slovensku jsou podle Müllera (2007) posuny menší než 10 m.

Nesouladu referenční databáze s realitou může mít mnoho příčin, jako například odlišný úhel snímání u snímků pro tvorbu SSL a SSR. Velkým problémem při interpretaci snímků se ukázal stín (Příloha 6), který zabraňoval identifikaci objektů a určení typu povrchu. Využití kontextuální informace mohlo vést v mnohých případech k nesprávné interpretaci. Dále možnou příčinou nestejného vyhodnocení stupně nepropustnosti jsou koruny stromů. Podhodnocení pixelů může být zapříčiněno novou výstavbou. Doba, která uběhla mezi snímáním IMAGE a snímků na geopotál.cuzk.cz, může být až čtyři roky.

Největším problémem při tvorbě referenční databáze byly smíšené pixely, které ležely na rozhraní propustné a nepropustné plochy (např. silnice a travního porostu nebo šterku a travního porostu u kolejíšť). U bodů ležících na smíšených pixlech se velmi projevilo subjektivní rozhodování. Velkým zdrojem rozdílného interpretování snímků byla horší čitelnost nasnímaných snímků, kde bylo velmi problémovým rozeznat druh povrchu a identifikovat menší objekty. V mnoha případech, i když bylo použito více zdrojů, se nedalo jednoznačně určit, o jaký typ povrchu se jedná. Výsledná referenční databáze je velmi ovlivněna subjektivním názorem a zkušeností interpretátora. Při nejednoznačné identifikaci objektu a povrchu byla provedena konzultace s dr. Štychem a dr. Hurbánkem. Rosina (2010) uvádí, že mnozí autoři řeší tyto problémy při tvorbě referenční databáze zapojením více interpretátorů, vícestupňovou validací nebo duplicitní interpretací každého 50. pixlu. Potere (2009) uvádí, že smíšeným pixelům se dá vyhnout při použití snímků s rozlišením menším než 10 m.

Použitý rozestup 10 m mezi body při určování nepropustnosti pixelu je výhodný, dá se z něj jednoduše vypočíst procentuální hodnota zastavěnosti a zároveň podle Potera (2009) jsou ze snímků s prostorovým rozlišením 10 m dobře postřehnutelné mnohé prvky zástavby, jako například mezery mezi budovami, které mají v průměru velikost okolo 20 m.

Hurbánek a kol. (2010b) za největší problém SSL považují nejednoznačnost definice nepropustného povrchu a z toho vyplývající nejednoznačnost zařazení zemědělských, lesních a prашných cest a skladování na volném prostranství bez vegetace, ale i bez umělého povrchu. Proto byla při tvorbě referenční databáze použita kromě kategorie 0 a 1 i kategorie 2, která umožnila alternativní validaci (porovnání SSL s SSRa a SSRb). Výsledky chybových matic ukazují, že tato dvojznačnost nemá vliv na výsledek validace. Ale z porovnání korelačních koeficientů a výpočtu chyb, které ukázaly typ B jako přesnější, se přikloňujeme k přiřazení kategorie 2 k propustným plochám.

Hurbánek a kol. (2010b) dospěli k podobnému závěru, tedy že nejčastěji v databázi SSL dochází k podhodnocení stupně nepropustnosti oproti referenčním datům (Příloha 15) a méně často k nadhodnocení nepropustnosti. Tedy konstatují, že častější chyby malého rozsahu vedou k podhodnocení a to konkrétně k vynechání rozptýleného osídlení. A méně

časté chyby většího rozsahu vedou k nadhodnocení SSL a to v oblastech s kompaktní městskou zástavbou. Maucha, Büttner a Kosztra (2010) k hodnocení databáze SSL použili 601 náhodných vzorků s hodnotou stupňů nepropustnosti větší než nula v Evropě. Jejich histogram (Příloha 16) znázorňuje hodnoty symetricky rozložené kolem hodnoty blížíící se nule. Průměrný rozdíl stupně nepropustnosti vypočetly na  $1,8 \pm 16,8$  stupně nepropustnosti, průměrným rozdílem blížícím se nule dokázali, že nedochází k systematickému podhodnocení ani nadhodnocení. Ale z histogramu je zřejmé, že odhalili více podhodnocení. Otázkou je, jak by vypadal histogram, kdyby v něm byly zahrnuty i nulové hodnoty SSL. Široké rozpětí toho grafu je zapříčiněno podle nich různorodostí způsobené IMAGE2006, jako jsou např. variabilní atmosférické podmínky.

Během validace databáze proběhla aktualizace leteckých snímků na geoportal.cuzk.cz. Což snižuje výpovědní hodnotu této práce. Jelikož IMAGE2009 jsou nasnímané v roce 2008 a 2009, mohly tedy být pořízeny o čtyři roky dříve než ortofota ve východní polovině Čech. Tím není splněna podmínka, že ortofota použitá k tvorbě referenční databáze budou stará +/- 3 roky od pořízení IMAGE. Zároveň tato aktualizace zapříčinila, že ne všechny vzorky, které jsou ve východním modelovém území, byly skutečně porovnány se snímky pořízenými v roce 2012. Tato aktualizace se projevila i při vzniku referenční databáze, kdy nějaká místa po aktualizaci nezakrývaly koruny stromů. Dále pak výrazně zasáhla do podmínky při přiřazování hodnoty 2, aby se holá místa nacházela alespoň na dvou snímcích z různých let.

## 5. 2 Výběr statistické metody

K hodnocení databáze se jeví jako nejlepší použité histogramy četnosti hodnot zastavěnosti, histogramy rozdílů hodnot zastavěnosti a metoda výpočtu chyb. Chybová matice ukazuje, že dochází k velkému množství přijetí, tedy klasifikování zastavěných ploch jako nezastavěné. Je nejvhodnější k hodnocení specifikací databáze a tedy k rozhodnutí o přijetí či nepřijetí. Korelační analýza dokazuje vztah hovořící o tematické přesnosti SSL a referenčních dat, klamavě vyjadřují téměř perfektní závislost, ale není z nich patrné, kdy dochází k podhodnocení nebo nadhodnocení, zároveň jsou ovlivněny velkým počtem nulových hodnot v referenční a původní databázi.

K porovnání území se jeví korelační koeficienty jako nevhodné, jelikož neukázaly velkou rozdílnost. Chybová matice s takovýmto zvoleným prahem nejsou také příliš vhodné. Proto za nejvhodnější metodu k porovnání území považujeme průměrnou absolutní normalizovanou chybu a průměrnou absolutní normalizovanou chybu podhodnocení a nadhodnocení.

### 5. 3 Cíle do budoucna

V této práci je hodnocen produkt v agregovaném rozlišení 100 m a je potřeba zhodnotit tento produkt i v základním rozlišení 20 m. Jak zmiňuje Rosina (2010), prahová hodnota 80 % lépe vystihuje realitu v plném rozlišení, v agregovaném ji považuje za nesmyslnou. U produktu s 20m přesností se hodnotí tematická přesnost jiným způsobem a to pomocí případové studie území  $6 \times 6$  km, které reprezentují sídelní strukturu. V jednom 20m pixelu je 16 bodů, které umožňují pod každým bodem vytvořit škálu nepropustnosti pro příslušný pixel (Rosina 2010).

Zajisté by bylo vhodné se dále ještě věnovat studiím přesnosti databáze vzhledem k prostorovému rozlišení mapování a prostorovému rozmístění zastavěných území, tedy v závislosti, jestli je rozmístění kompaktní nebo rozptýlené. Dále by bylo vhodné provést analýzy v závislosti na prahové hodnotě a stanovit nejvhodnější pro Českou republiku.

## KAPITOLA 6

### Závěr

Jedny z nejvíce používaných geodat jsou mapy krajinného pokryvu. Už dlouhá léta funguje projekt CORINE Land Cover, jehož nejnovější aktualizace dat pro rok 2012 je ještě ve výrobě. Největší nevýhodou této mapy je minimální mapovací jednotka 25 ha a aktualizace jednou za šest let. Na základě stejných vstupních dat vznikla Evropská mapa zastavěných ploch, která ji předstihla minimální mapovací jednotkou 20 m a častější aktualizací po třech letech. SSL je jedna z mála vrstev, která je zaměřená na konkrétní třídu krajinného pokryvu. Její největší výhodou je, že mapuje skutečně nepropustné plochy, nikoli funkční zóny. Tato vrstva v sobě skrývá širokou škálu potencionálního využití. Znalost prostorového rozmístění obyvatelstva je nepostradatelná pro mnohé lidské činnosti. Jelikož tato tematika není ještě v Česku příliš rozvíjena, odpovídá tomu i množství použitých cizojazyčných zdrojů. Což je škoda, postupným zkoumáním této problematiky sejevilo toto téma čím dál tím zajímavějším a zcela jistě užitečným pro tvůrce široké škály podobných prostorových databází. Tato bakalářská práce přinesla seznámení s touto vrstvou a doufejme, že bude iniciující k dalšímu zkoumání a šíření v Česku. Než se ale začnou plně využívat její výhody, musí být validována.

Popsán byl vznik validovaného produktu, jeho zdokonalení a průběh validace. Tato práce přináší také seznámení s jeho vizuální stránkou. V kapitole metodika byly popsány kroky vedoucí ke vzniku referenční databáze. Dále jsme použili různé statistické metody na zhodnocení přesnosti této databáze v porovnání s referenční. Ve výsledcích se nacházejí grafy porovnávající původní a referenční databáze, vypočítány jsou korelační koeficienty. Samotný výsledek validace je zobrazen ve formě chybové matice, kde jsme si zadali, že celková přesnost musí být alespoň 85 %, což splnila, ale nesplnila druhou podmínku, že chyba vynechání a přijetí nesmí přesáhnout 15 %. Nenaplnění druhé podmínky nás vede k odmítnutí této databáze. Na základě rozdílného snímkování ortofot, z kterých vznikla referenční databáze, jsme si stanovili hypotézu, že čím budou časově vzdálenější od pořízení IMAGE2009, bude jejich tematická přesnost menší. Tuto hypotézu nám potvrdil jen Pearsonův korelační koeficient. Naopak Spearmanův korelační koeficient a výpočet chyb ji potvrdily jen částečně. Zároveň ukázaly, že největší tematickou přesnost má sice střední území, ale nejmenší má západní území. Hypotézu taky potvrdily jen částečně vypočtené chybové matice, které jsou velmi závislé na stanovené prahové

hodnotě, která podle mnohých odborníků není příliš vhodná. Ze statických metod jsme k hodnocení této databáze vybraly histogramy četnosti a rozdílů hodnot nepropustnosti a výpočet absolutních průměrných normalizovaných chyb.

## SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ

### Použitá tištěná literatura

- BERANOVÁ, Romana a Radovan HUTH. Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek. *Meteorol. zpr.* 2003. 56, 137-142.
- DOBROVOLNÝ, Petr. *Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1999. 210 s. ISBN 80-210-1812-7.
- DONNAY, Jean-Paul, Mike J. BARNSELY a Paul A. LONGLEY. *Remote Sensing and Urban Analysis*, Taylor & Francis, London, 2001. 259 s. ISBN 0-7484-0860-6.
- EUROPEAN COMMISSION. *Overview of best practices for limiting soil sealing or mitigating its effects in EU-27*. 2012b. 62 s. ISBN 978-92-79-26210-4.
- HURBÁNEK, Pavol a kol. Accuracy of Built-up Area Mapping in Europe at Varying Scales and Thresholds. In *Accuracy 2010 : proceedings of the Ninth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*. Leicester: C, 2010a. s. 385-388.
- KOLÁŘ, Jan. *Geografické informační systémy 10*. 2. přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 161 s. ISBN 8001026876.
- KOLÁŘ, Jan. *Principy fungování a využívání pozorovacích satelitů: studie*. Praha: Czech Space Office, 2008. 62 s. ISBN 9788090416352.
- KOLOMAZNÍK, Jan. *Hodnocení přesnosti oficiální evidence využití ploch pomocí DPZ a GIS*. Praha, 2007. 86 s. Vedoucí práce Přemysl Štych.
- LAJČÁKOVÁ, Andrea. *Validácia európskej mapy stupňa nepropustnosti z roku 2006 v lokalitách Podolíneč a Havranec*. Ružomberok, 2013. 84 s. Vedoucí práce Pavol Hurbánek.
- MALÝ, Martin. *Extrakce zastavěných ploch z obrazových materiálů*. Brno, 2007. 49 s. Vedoucí práce Kateřina Keprtová.
- OULEHLA, Ondřej. *Automatická extrakce zastavěných ploch z obrazových dat vysokým rozlišením*. Brno, 2012. 50 s. Vedoucí práce Petr Dobrovolný.
- POTERE, David. *Mapping the world's cities: an examination of global urban maps and their implications for conservation planning*. Princeton University, Princeton, 2009. 175 s. ISBN 0-5499-6881-4.



ROSINA, Konstantin. *Eúropska mapa zastavaných plôch a jej validácia na území Slovenska*. Bratislava, 2010. 59 s. Vedoucí práce Pavol Hurbánek.

ZVÁRA, Karel. *Biostatistika*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2003, 213 s. ISBN 8024607395.

## Použité elektronické dokumenty

ČÚZK. *Technická zpráva k ortografickému zobrazení území ČR* [PDF]. 2012. 16 s. [cit. 2013-07-27]. Dostupné z:

[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(vv3faf450ahvd3451ycxiv45\)\)/Default.aspx?mode=News&head\\_tab=sekce-00-gp&newsTyp=id&newsID=1233](http://geoportal.cuzk.cz/(S(vv3faf450ahvd3451ycxiv45))/Default.aspx?mode=News&head_tab=sekce-00-gp&newsTyp=id&newsID=1233).

EEA. *The European environment – State and Outlook 2010: land use* [PDF]. 2010b. 52 s. [cit. 2013-01-20]. Dostupné z: [eea.europa.eu](http://eea.europa.eu).

EEA. *The European environment – State and Outlook 2010: urban environment* [PDF]. 2010c. 42 s. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z: [eea.europa.eu](http://eea.europa.eu).

EUROPEAN COMMISSION. *Pokyny týkající se osvědčených postupů pro omezení zakrývání půdy, zmírnění jeho důsledků a jeho kompenzaci* [PDF]. 2012c. 62 s. [cit. 2013-16-1]. Dostupné z: [eea.europa.eu](http://eea.europa.eu).

EUROPEAN COMMISSION. *Soil sealing* [PDF]. 2012d, 11 s. [cit. 2013-16-3]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/sealing/Soil%20Sealing%20In-depth%20Report%20March%20version\\_final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/sealing/Soil%20Sealing%20In-depth%20Report%20March%20version_final.pdf).

HURBÁNEK, Pavol a kol. *Built-up / Impervious Surfaces in Europe, Invited Lecture. Projekt Geoinovace – Project Geoinnovation* [PDF]. 2010b, 85 s. [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: [http://data.geoinovace.quonia.cz/tmp/prednasky/2010\\_12\\_07\\_presentation\\_BrnoOlomouc\\_3\\_.pdf](http://data.geoinovace.quonia.cz/tmp/prednasky/2010_12_07_presentation_BrnoOlomouc_3_.pdf).

HURBÁNEK, Pavol. *BcP 1* [docx]. 23. července 2013a [cit. 2013-25-7]. Osobní komunikace.

HURBÁNEK, Pavol. *Pripomienky* [docx]. 11. července 2013b [cit. 2013-12-7]. Osobní komunikace.

KAHABKA, Hanjo a Lubos LUCERA. *Delivery Report European Mosaic* [PDF]. 2008. 13 s. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z: [eea.europa.eu](http://eea.europa.eu).

MAUCHA, Gergely a György BÜTTNER. 2007. *Recommendations Quantitative assessment high-resolution soil sealing layer* [PDF]. 32 s. [cit. 2013-01-8]. Dostupné z: <http://inspire.jrc.ec.europa.eu>.

MAUCHA, Gergely, György BÜTTNER a KOSZTRA, Barbara. 2010. *European validation of GMES FTS Soil Sealing Enhancement data* [PDF]. 35 s. [cit. 2013-01-20]. Dostupné z: [eea.europa.eu](http://eea.europa.eu).

MMR. *Zásady urbaní politiky* [PDF]. Praha, 2010. 58 s. [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: [http://www.mmr.cz/getmedia/63d00d20-3a85-48f5-b112-1d3b003398dd/ZUP\\_tisk.pdf](http://www.mmr.cz/getmedia/63d00d20-3a85-48f5-b112-1d3b003398dd/ZUP_tisk.pdf).

MÜLLER, Rupert a kol. *Automatic production of a european orthoimage coverage within the GMES land fast track service using SPOT 4/5 and IRS-P6 LISS data* [PDF]. 6 s. [cit. 2013-07-20]. Dostupné z:

[http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/1W51/paper/Mueller\\_krauss\\_lehner\\_reinartz.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/1W51/paper/Mueller_krauss_lehner_reinartz.pdf).

ROSINA, Konstantin, Pavol HURBÁNEK a Peter M. AKTINSON. Priestorová dezagregácia nepropustno dát s využitím máp krajinej pokrývky a nepropustnosti povrchu [PDF]. In: *Symposium GIS Ostrava 2012 – Současné výzvy geoinformatiky (proceedings)*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita. 2012. Dostupné z:

[http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2012/sbornik/papers/rosina.pdf](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2012/sbornik/papers/rosina.pdf).

## Použité internetové zdroje

ČÚZK. *Ortofoto České republiky* [online]. 2013 [cit. 2013-07-20]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(c5lly245o5nqba55yppdbqq2\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZK-ORTOFOTO-R&metadataXSL=full&side=ortofoto](http://geoportal.cuzk.cz/(S(c5lly245o5nqba55yppdbqq2))/default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZK-ORTOFOTO-R&metadataXSL=full&side=ortofoto).

EEA. *Rozrůstání městských aglomerací v Evropě* [online]. 2006 [cit. 2013-01-20]. Dostupné z: [eea.europa.eu](http://eea.europa.eu).

EEA. *EEA Fast Track Service Precursor on Land Monitoring - Degree of soil sealing 100m* [online]. 2010a, 2012-11-29 [cit. 2013-02-22]. Dostupné z:

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-fast-track-service-precursor-on-land-monitoring-degree-of-soil-sealing-100m-1>.

EEA. *Urban soil sealing in Europe* [online]. 2011 [cit. 2013-01-20]. Dostupné z:

<http://www.eea.europa.eu/articles/urban-soil-sealing-in-europe>.

EEA. *Corine Land Cover 2006 seamless vector data* [online]. 2012a, 2012-01-08 [cit. 2013-07-22]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-2>.

EEA. *Jak zranitelné je Vaše město vůči dopadům změny klimatu?* [online]. 2012b [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/cs/highlights/jak-zranitelne-je-vase-mesto>.

EUROPEAN COMMISSION. *Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing Europe* [online]. 2012a [cit. 2013-01-20]. Dostupné z:

[http://ec.europa.eu/environment/soil/sealing\\_guidelines.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/sealing_guidelines.htm).

EUROPEAN COMMISSION. *Soil Sealing* [online]. 2012e. [cit. 2013-01-20]. Dostupné z <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/themes/Sealing>.

GEOPORTAL.CUZZK.CZ. *Ortofoto* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=539&serverconf=meta>.

Machkova, Nada. *Definice tříd CLC* [online]. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 1996-1997 [cit. 2013-07-03]. Dostupné z: <http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/EDU/c451.htm>.

MAPS.GOOGLE.COM. *Satelitní* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <https://maps.google.com>.

MAPY.CZ. *Letecká* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: [mapy.cz](http://mapy.cz).

MAPY.CZ. *Aktualizace leteckých snímků* [online]. 2011 [cit. 2013-07-22]. Dostupné z: <http://mapy.cz.sblog.cz/2011/09/29/46>.

MAPY.CZ. *Aktuální letecké snímky na Mapy.cz téměř pro polovinu republiky*. 2012 [online]. [cit. 2013-07-22]. Dostupné z: <http://mapy.cz.sblog.cz/2012/09/13/52>.

## **Použité elektronické programy a databáze**

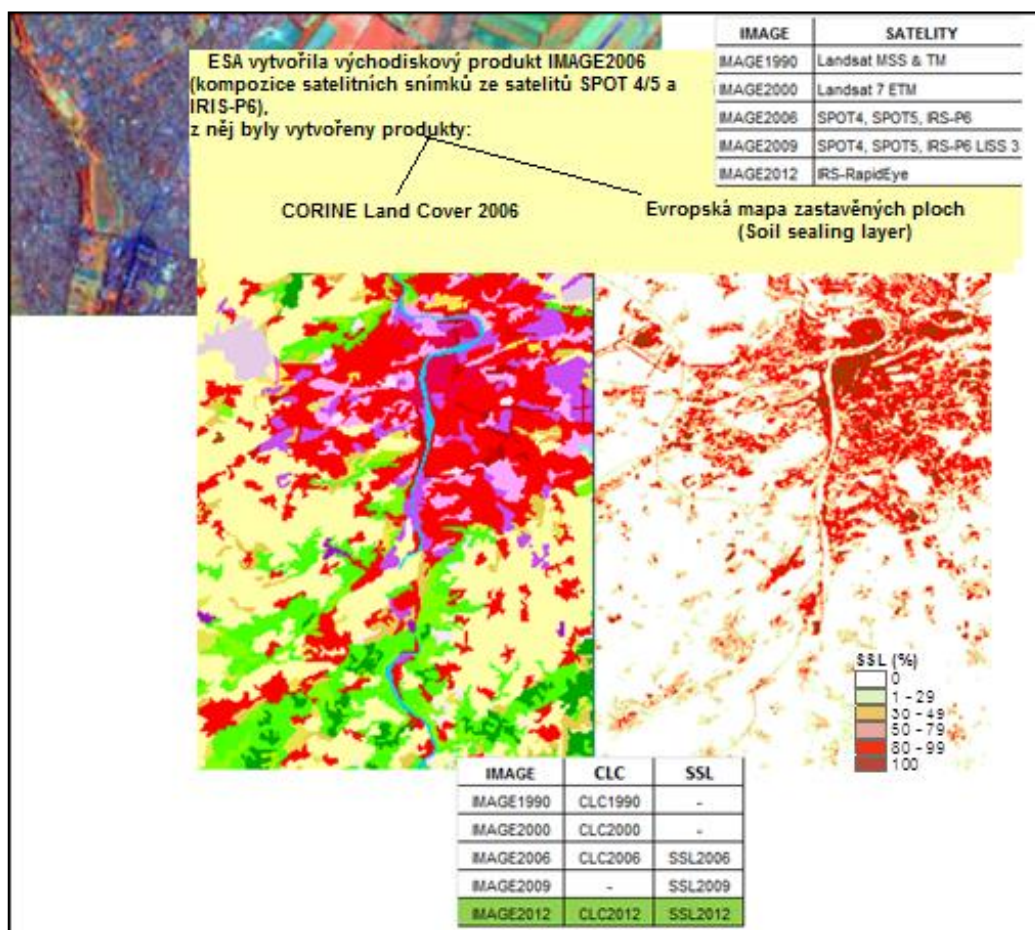
Digitální geografická databáze ArcČR 500 [cd]. verze 2.0 [cit. 2013-04-21].

SSL2009 [počítačový soubor]. [cit. 2013-06-21]. Vyžaduje ArcMap 10.1.

## Seznam příloh:

Příloha 1 Produkty vycházející z IMAGE .....	i
Příloha 2 Třídy CLC totožné se zastavěnými plochami .....	i
Příloha 3 Oblast Chabařovic znázorněné pomocí SSL2009 a CCL2006 .....	ii
Příloha 4 Koncept monitorování nepropustnosti .....	ii
Příloha 5 Rozdíl referenčních a původních hodnot podhodnocených a nadhodnocených Pixelů .....	iii
Příloha 6 Nadhodnocené pixely v databázi SSL09 .....	iii
Příloha 7 Podhodnocené pixely vzhledem k binární interpretaci v databázi SSL09 .....	iv
Příloha 8 Rozdíl referenčních a původních hodnot podhodnocených a nadhodnocených pixelů ve středním modelovém území .....	iv
Příloha 9 Rozdíl referenčních a původních hodnot podhodnocených a nadhodnocených pixelů v západním modelovém území .....	v
Příloha 10 Rozdíl referenčních a původních hodnot podhodnocených a nadhodnocených pixelů ve východním modelovém území .....	v
Příloha 11 Rozdíl původních a referenčních hodnot nepropustnosti v modelových územích .....	vi
Příloha 12 Chybová matice pro západní území SSL2009 .....	vi
Příloha 13 Chybová matice pro střední území SSL2009 .....	vii
Příloha 14 Chybová matice pro západní území SSL2009 .....	vii
Příloha 15 Podhodnocené pixely v databázi SSL09 .....	viii
Příloha 16 Rozložení rozdílů mezi hodnotami SSL2006(v2) a referenčními hodnotami zastavěnosti .....	viii
Příloha 17 Referenční databáze SSL_random_sample_CZ ve formátu .gdb	
Příloha 18 Elektronická verze práce ve formátu PDF	

**Příloha 1 Produkty vycházející z IMAGE (zdroj: Hurbánek a kol. 2010b, Lajčáková 2013)**



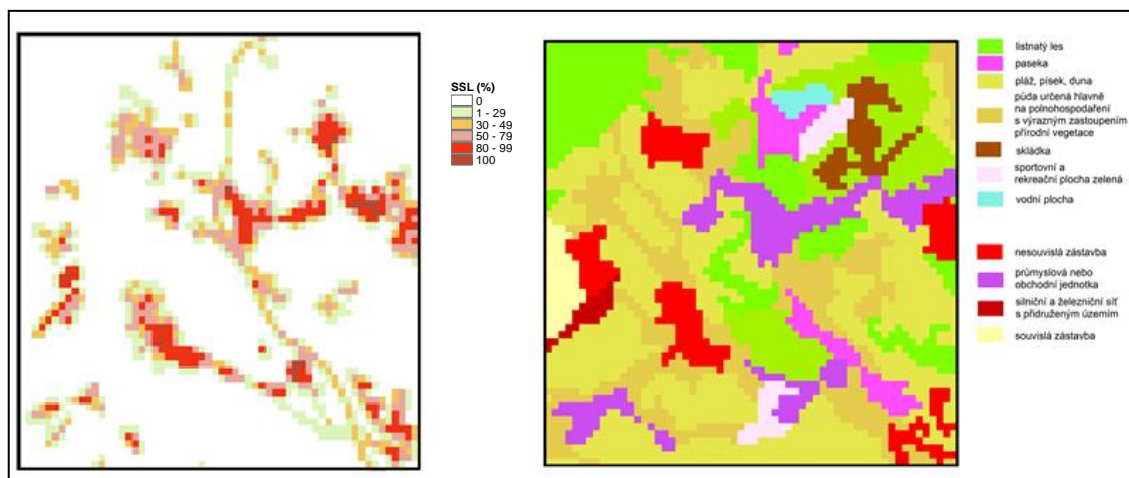
**Poznámka:** Symbol „-“ představuje, že produkt v daném roce nebyl vyráběn a zelená barva, že produkt je ještě ve výrobě.

**Příloha 2 Třídy CLC totožné se zastavěnými plochami (zdroj: Machková 1996-1997)**

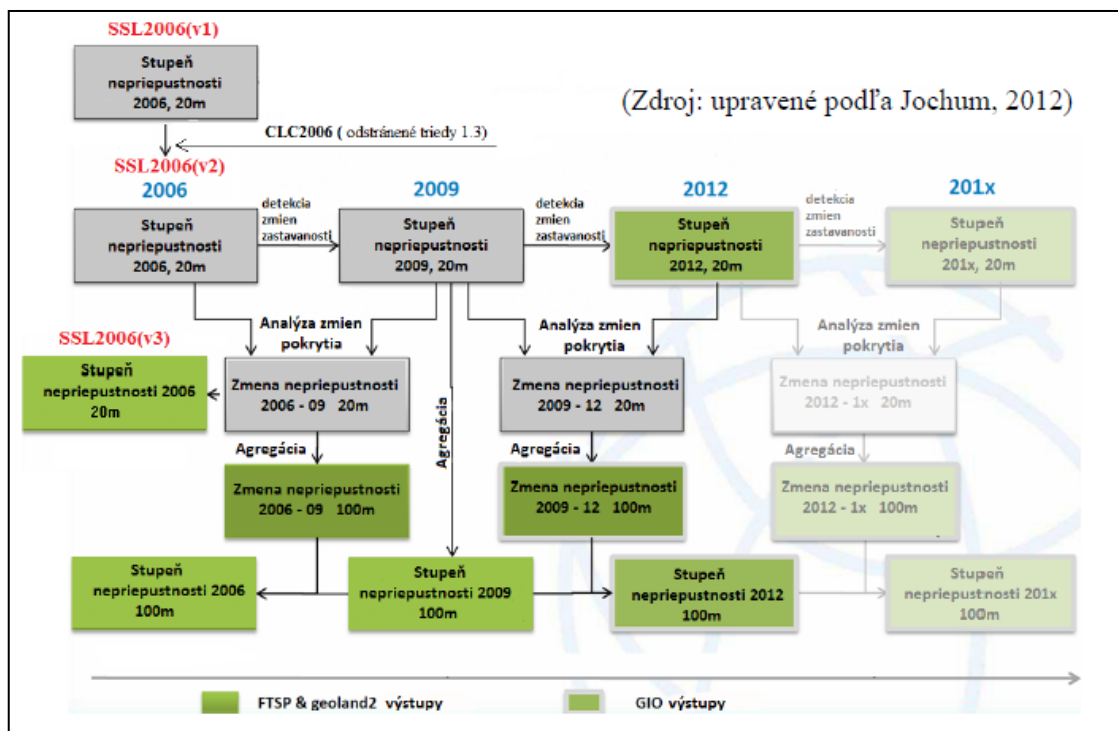
1. úroveň	2. úroveň	3. úroveň
1. umělé povrchy	1.1 urbanizovaná struktura	1.1.1 souvislá zástavba
		1.1.2 nesouvislá zástavba
	1.2 průmyslové, obchodní a transportní jednotky	1.2.1 průmyslové nebo obchodní jednotky
		1.2.2 silniční a železniční síť s přidruženým územím
		1.2.3 přístavy
		1.2.4 letiště

### Příloha 3 Oblast Chabařovic znázorněná pomocí SSL2009 a CCL2006

(zdroj: SSL2009.gdb, EEA 2012a)



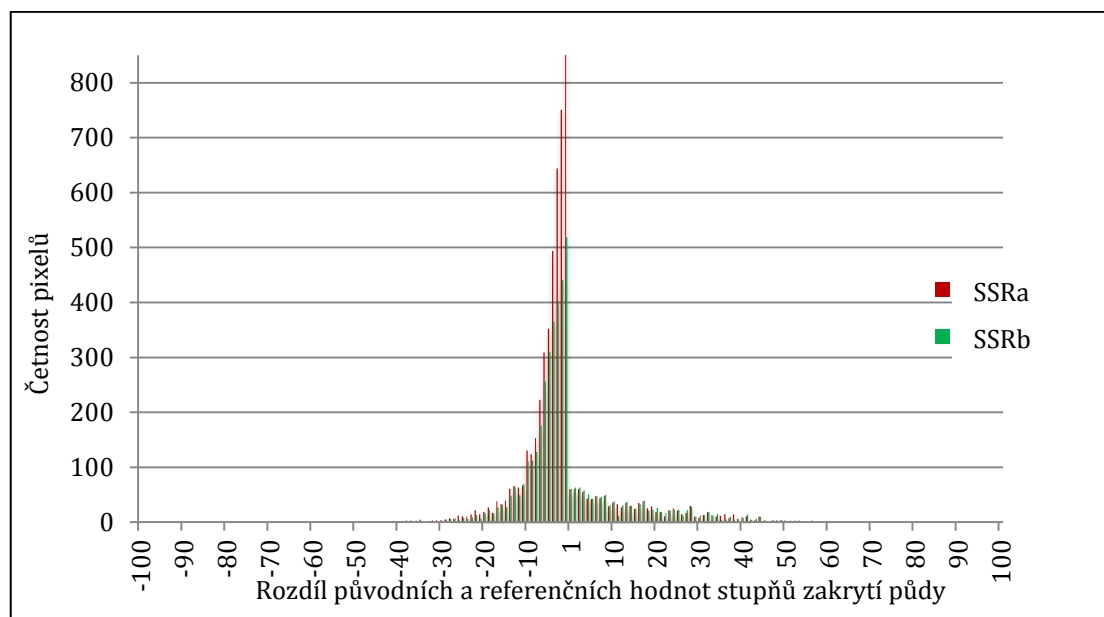
### Příloha 4 Koncept monitorování nepropustnosti (zdroj: Lajčáková 2013)





### **Příloha 5 Rozdíl referenčních a původních hodnot podhodnocených a nadhodnocených pixelů**

(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)



### **Příloha 6 Nadhodnocené pixely v databázi SSL09**

(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb, geoportal.cuzk.cz)



#### **Poznámka:**

Pořadí vzorku	SSL (%)	SSRa (%)	SSRb (%)
1	75	63	63
2	100	58	58
3	100	82	75

Pořadí vzorku	SSL (%)	SSRa (%)	SSRb (%)
4	100	86	86
5	72	54	54
6	40	6	4
7	4	0	0
8	100	0	0
9	80	71	71

### **Příloha 7 Podhodnocené pixely vzhledem k binární interpretaci v databázi SSL09**

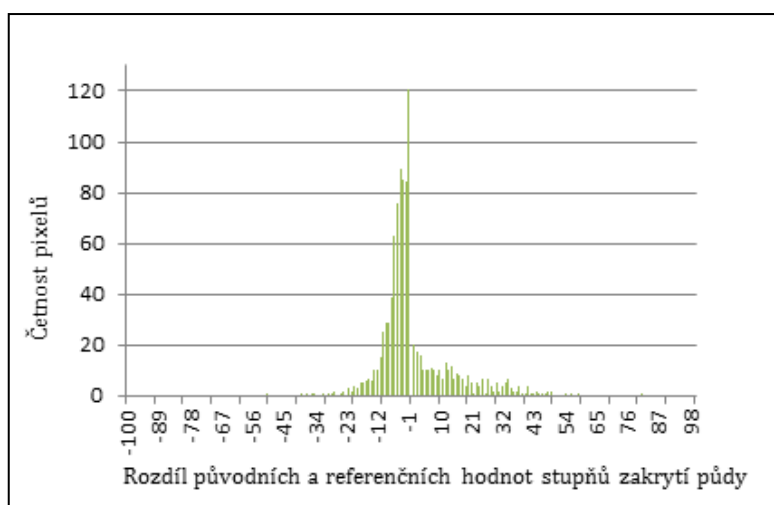
(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb, geoportal.cuzk.cz)



**Poznámka:**

	SSL (%)	SSRa (%)	SSRb (%)
1	66	80	70
2	79	84	84
3	56	90	82

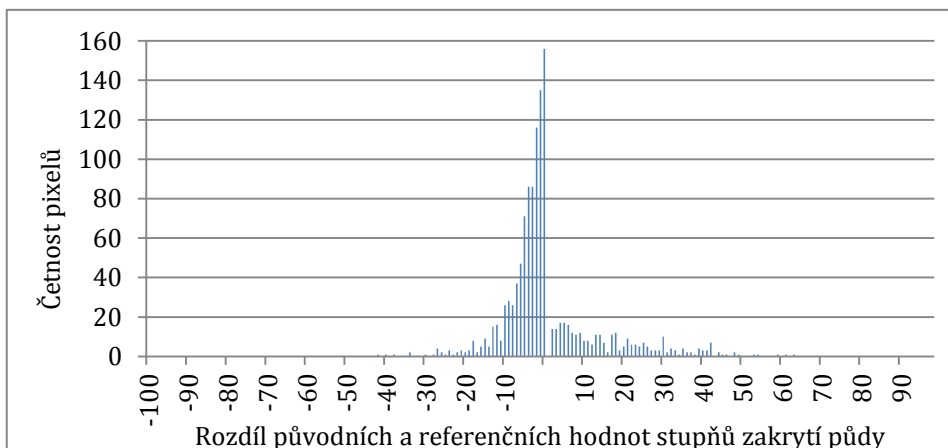
### **Příloha 8 Rozdíl referenčních a původních hodnot podhodnocených a nadhodnocených pixelů ve středním modelovém území (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)**



**Poznámka:** Graf je sestaven z 1 027 pixelů a je bez pixelů, které mají rozdíl hodnot roven 0.

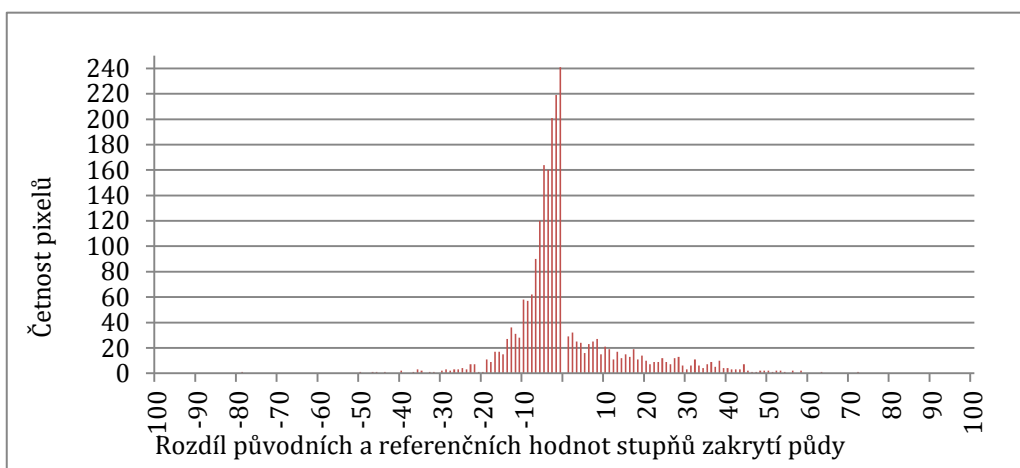


**Příloha 9 Rozdíl referenčních a původních hodnot podhodnocených a nadhodnocených pixelů v západním modelovém území (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)**



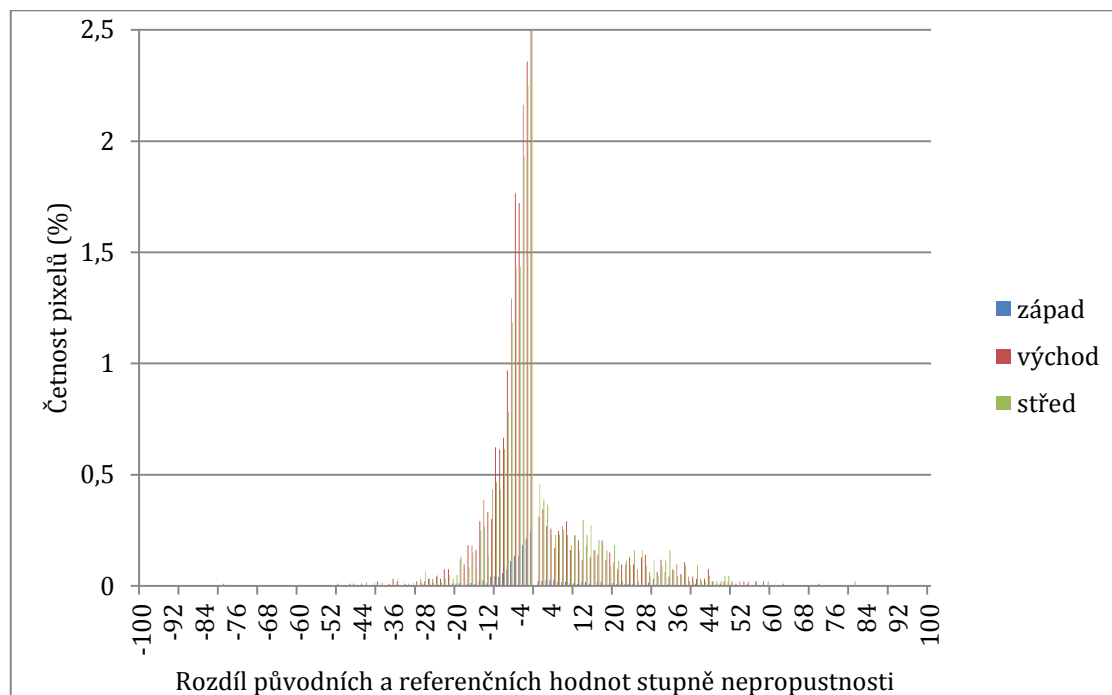
**Poznámka:** Graf je sestaven z 1 212 pixelů a je bez pixelů, které mají rozdíl hodnot roven 0.

**Příloha 10 Rozdíl referenčních a původních hodnot podhodnocených a nadhodnocených pixelů ve východním modelovém území (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)**



**Poznámka:** Graf je sestaven z 2 183 pixelů a je bez pixelů, které mají rozdíl hodnot roven 0.

**Příloha 11 Rozdíl původních a referenčních hodnot nepropustnosti v modelových územích**  
(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)



**Poznámka:** Graf je sestaven bez pixelů, které mají rozdíl hodnot roven 0.

**Příloha 12 Chybová matice pro západní území SSL2009** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

		Referenční data				
	Třídy	Zastavěné plochy	Nezastavěné plochy	Suma	Přesnost uživatele	Chyba přijetí
<b>Hodnocená mapa</b>	Zastavěné plochy	9	40	49	18,37 %	81,63 %
	Nezastavěné plochy	1	6 284	6 285	99,98 %	0,02 %
	Suma	10	6 324	<b>Celkový počet vzorků:</b> 6 334 <b>Celková přesnost:</b> 99,35 %		
	Přesnost producenta	90,00 %	99,37 %			
	Chyba vynechání	10,00 %	0,63 %			

**Příloha 13 Chybová matice pro střední území SSL2009** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

		Referenční data				
	Třídy	Zastavěné plochy	Nezastavěné plochy	Suma	Přesnost uživatele	Chyba přijetí
<b>Hodnocená mapa</b>	Zastavěné plochy	27	85	112	24,1 %	75,9 %
	Nezastavěné plochy	1	9 182	9 183	99,99 %	0,01 %
	Suma	28	9 267	<b>Celkový počet vzorků:</b> 9 295 <b>Celková přesnost:</b> 99,07 %		
	Přesnost producenta	96,43 %	99,07 %			
	Chyba vynechání	3,57 %	0,93 %			

**Příloha 14 Chybová matice pro východní území SSL2009** (zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb)

		Referenční data				
	Třídy	Zastavěné plochy	Nezastavěné plochy	Suma	Přesnost uživatele	Chyba přijetí
<b>Hodnocená mapa</b>	Zastavěné plochy	10	49	59	16,95 %	83,05 %
	Nezastavěné plochy	0	4 312	4 312	100 %	0 %
	Suma	10	4 361	<b>Celkový počet vzorků:</b> 4 371 <b>Celková přesnost:</b> 98,88 %		
	Přesnost producenta	100,00 %	98,86 %			
	Chyba vynechání	0 %	1,14 %			

### **Příloha 15 Podhodnocené pixely v databázi SSL09**

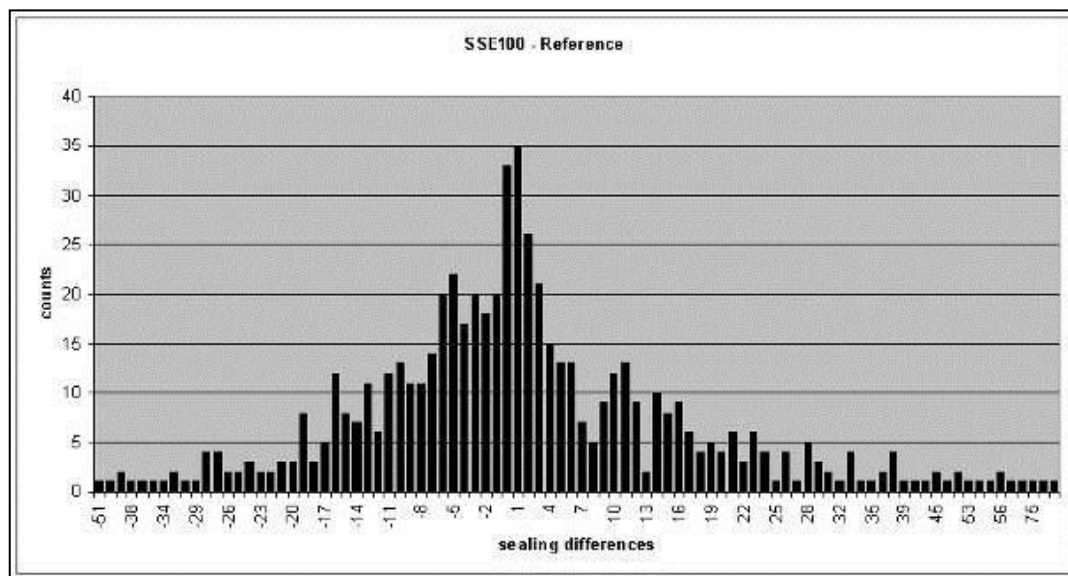
(zdroj: SSL\_random\_sample\_CZ.gdb, geoportal.cuzk.cz)



**Poznámka:**

Pořadí vzorku	SSL (%)	SSRa (%)	SSRb (%)
1	24	28	28
2	22	26	26
3	0	5	5
4	0	2	2

### **Příloha 16 Rozložení rozdílů mezi hodnotami SSL2006(v2) a referenčními hodnotami zastavěnosti (zdroj: Maucha, Büttner, a Kosztra 2010)**



**Poznámka:** Graf je sestaven z 601 pixelů, které mají původní hodnotu větší než 0.